

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**CARRERA MEDICINA**



**SATURACIÓN DE OXÍGENO EN NIÑOS Y NIÑAS ESCOLARES SANOS DE 5  
A 12 AÑOS EN ESCUELAS DE EDUCACIÓN BÁSICA UBICADAS A LA  
ALTURA DE 2880 A 3000 METROS EN LA CIUDAD DE QUITO EN EL  
PERÍODO DE MARZO - MAYO 2015.**

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MÉDICO  
CIRUJANO**

**JUDITH ALEXANDRA NOVILLO ALLAUCA**

**ANDREA GISELLE MATA JIMÉNEZ**

Director de Tesis: Dra. Patricia Cortez

Tutor Metodológico: M.Sc. Ana María Troya Zuleta

QUITO, 2015

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico a todas las personas que siempre estuvieron a mi lado a lo largo de esta carrera, a mi familia, ya que sin su apoyo no hubiese podido cumplir este gran sueño de convertirme en doctora, pero sobretodo una dedicatoria especial a mi hermana Mónica, ya que ella siempre fue la persona que estuvo a mi lado, y que siempre creyó en mí desde el día que inicié esta carrera.

Gracias de corazón a todos los que confiaron en mí.

Andrea M.

A Dios, por protegerme durante todo mi camino, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por su infinita bondad y amor. Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mi papi Elias, mi mayor ejemplo de vida, superación, perseverancia y constancia. Por ser el pilar más importante en mi vida, por demostrarme siempre su amor y apoyo incondicional en cada paso de ella.

A mi mami Vicky, que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores. Por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien y que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar.

A mi Michu, mi hermana, mi cómplice, mi mejor amiga, mi incentivo para seguir adelante, uno de los seres más importantes en mi vida, que sin duda estará a mi lado en cada momento hoy, mañana y siempre. I Love You.

A mi Emily Sofia, por ser esa personita clave en mi vida, esa luz restauradora, mi fuente de energía nueva, siempre junto a mí brindándome su dulzura y amor. I Love You Sissy.

Judith

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer primeramente a mis padres, ya que ellos son los que siempre han estado a mi lado en los buenos y sobretodo malos momentos, apoyándome día a día, y dándome fuerzas para seguir adelante en esta carrera tan hermosa pero sacrificada como es la medicina.

Además quiero agradecer a mis amigos, hermanas, Mónica y Sandra, ya que ellas siempre han sido mi modelo a seguir y han sido testigos de mi lucha y sacrificio.

Un agradecimiento especial es para mi compañera de tesis Judith, gracias a su confianza, respeto, responsabilidad y trabajo en equipo pudimos culminar este proyecto.

Y finalmente, gracias a M.Sc. Ana María Troya, una excelente persona y sobretodo profesional, ya que gracias a su dedicación y enseñanza, pudimos culminar con esta tesis.

Andrea M.

Agradezco profundamente a Dios, por guiarme en el sendero correcto de la vida, cada día en el transcurso de mi camino e iluminarme en todo lo que realizo.

Con todo mi amor, gracias a los míos, a mis padres y hermanas por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mis tías, Ligia y Jaqueline quienes han velado por mí durante este arduo camino, por su apoyo incondicional y por demostrarme la gran fe que tienen en mí.

A Andrea, por haber logrado nuestro gran objetivo juntas con mucha perseverancia. Por el apoyo mutuo en nuestra formación profesional y por la amistad duradera.

A mis tutores Dra. Patricia Cortez y Dr. Patricio Leoro. Gracias por su paciencia, dedicación, motivación, criterio y aliento. Han hecho fácil lo difícil. Ha sido un privilegio poder contar con su guía y ayuda.

A M.Sc. Ana María Troya, sin cuya colaboración este trabajo hubiera sido mucho más largo, complicado y menos rico y entretenido. Gracias por tu mente abierta, tu buen criterio, tu capacidad de esfuerzo y tu simpatía.

A mis maestros de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador que me impartieron sus conocimientos y experiencias en el transcurso de mi vida estudiantil.

Judith

## TABLA DE CONTENIDOS

1. CAPÍTULO I	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
2. CAPÍTULO II	4
2.1. ANATOMÍA DEL SISTEMA RESPIRATORIO	4
2.1.1. UNIDAD RESPIRATORIA	5
2.2. SISTEMA CIRCULATORIO Y TRANSPORTE DE OXÍGENO	6
2.2.1. HEMOGLOBINA	6
2.2.2. ESTRUCTURA DE LA HEMOGLOBINA	6
2.3. DIFUSIÓN DE OXÍGENO	7
2.3.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VELOCIDAD DE DIFUSIÓN GASEOSA A TRAVÉS DE LA MEMBRANA RESPIRATORIA	8
2.4. TRANSPORTE DE OXÍGENO Y DIÓXIDO DE CARBONO EN LA SANGRE Y LOS LÍQUIDOS TISULARES	9
2.5. COMBINACIÓN REVERSIBLE DEL OXÍGENO CON LA HEMOGLOBINA	10
2.5.1. CURVA DE DISOCIACIÓN OXÍGENO-HEMOGLOBINA	12
2.6. TRANSPORTE DEL DIÓXIDO DE CARBONO EN LA SANGRE	13
2.7. PARÁMETROS QUE DETERMINAN LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO	14
2.8. OXIMETRÍA DE PULSO	16
2.8.1. HISTORIA	16
2.8.2. PULSIOXIMETRÍA	17
2.8.3. PRINCIPIO BÁSICO DE OXÍMETRO DE PULSO	17
2.8.4. TÉCNICA E INTERPRETACIÓN	18
2.8.5. INDICACIONES	19
2.8.6. VENTAJAS	20

2.8.7.	LIMITACIONES	20
2.9.	SATURACIÓN EN ALTITUDES MODERADAS	22
2.10.	JUSTIFICACIÓN	23
2.11.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	24
2.12.	OBJETIVOS	24
2.12.1.	Objetivo General	24
2.12.2.	Objetivos Específicos	24
2.16.	HIPÓTESIS	25
3.	CAPÍTULO III - METODOLOGÍA	26
3.1.	TIPO DE PROYECTO	26
3.2.	TIPO DE ESTUDIO REALIZADO	26
3.3.	POBLACIÓN	26
3.3.1.	IDENTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN	26
3.3.2.	TRABAJO DE CAMPO	26
3.3.3.	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	27
3.3.4.	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	27
3.4.	MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE MUESTRA	28
3.5.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	29
3.6.	MÉTODO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO	30
3.7.	ASPECTOS BIOÉTICOS	30
3.8.	ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	31
4.	CAPÍTULO IV	32
4.1.	RESULTADOS	32
4.1.1.	PROMEDIO DE SATURACIÓN DE OXÍGENO	33
4.1.2.	PROMEDIO DE SATURACION DE OXÍGENO Y FRECUENCIA CARDÍACA SEGÚN GÉNERO	33
4.1.3.	PROMEDIO DE SATURACIÓN DE OXÍGENO SEGÚN GRUPOS ETARIOS	33
4.2.	ANÁLISIS DE LAS VARIABLES SATURACIÓN DE OXÍGENO Y FRECUENCIA CARDÍACA POR GRUPO ETARIO AL PRIMER MINUTO	34

4.3.	ANÁLISIS DE LAS VARIABLES SATURACIÓN Y FRECUENCIA CARDIACA POR GRUPO ETARIO A LOS TRES MINUTOS	35
5.	CAPÍTULO V	37
5.1.	DISCUSIÓN	37
6.	CAPÍTULO VI	41
6.1.	CONCLUSIONES	41
6.2.	RECOMENDACIONES	42
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
8.	FIGURAS	48
9.	TABLAS	54
10.	ANEXOS	62



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Porcentajes obtenidos en el estudio para la variable SEXO.	48
<b>Figura 2.</b>	Porcentajes obtenidos en el estudio para la variable EDAD.	49
<b>Figura 3.</b>	Frecuencia y porcentajes obtenidos en el estudio para la variable SEXO en GRUPO 1 ( 5 a 6 años).	50
<b>Figura 4.</b>	Frecuencia y porcentajes obtenidos en el estudio para la variable SEXO en GRUPO 2 (7 a 8 años).	51
<b>Figura 5.</b>	Frecuencia y porcentajes obtenidos en el estudio para la variable SEXO en GRUPO 3 (9 a 10 años).	52
<b>Figura 6.</b>	Frecuencia y porcentajes obtenidos en el estudio para la variable SEXO en GRUPO 4 (11 a 12 años).	53

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Frecuencias y porcentajes obtenidos en el estudio para la variable SEXO.	54
<b>Tabla 2.</b> Frecuencia y porcentajes obtenidos en el estudio para la variable EDAD (cuatro grupos).	54
<b>Tabla 3.</b> Frecuencia y porcentajes obtenidos en el estudio para la variable SEXO en GRUPOS 1, 2, 3, 4.	54
<b>Tabla 4.</b> Frecuencia de Valores de Saturación de Oxígeno y Frecuencia Cardíaca obtenidos en el estudio para la variable TIEMPO.	55
<b>Tabla 5.</b> Frecuencia de Valores de Saturación de Oxígeno y Frecuencia Cardíaca obtenidos en el estudio para la variable SEXO.	55
<b>Tabla 6.</b> Frecuencia de Valores de Saturación de Oxígeno y Frecuencia Cardíaca obtenidos en el estudio para la variable TIEMPO en el Grupo 1 (5 a 6 años).	55
<b>Tabla 7.</b> Frecuencia de Valores de Saturación de Oxígeno y Frecuencia Cardíaca obtenidos en el estudio para la variable TIEMPO en el Grupo 2 (7 a 8 años).	56
<b>Tabla 8.</b> Frecuencia de Valores de Saturación de Oxígeno y Frecuencia Cardíaca obtenidos en el estudio para la variable TIEMPO en el Grupo 3 (9 a 10 años).	56
<b>Tabla 9.</b> Frecuencia de Valores de Saturación de Oxígeno y Frecuencia Cardíaca obtenidos en el estudio para la variable TIEMPO en el Grupo 4 (11 a 12 años).	56
<b>Tabla 10.</b> Resumen de análisis de independencia Chi- cuadrado entre las variables Saturación de oxígeno y Frecuencia Cardíaca en el Primer Minuto en el Grupo 1 (5 a 6 años).	57

<b>Tabla 11.</b>	Resumen de análisis de independencia Chi- cuadrado entre las variables Saturación de oxígeno y Frecuencia Cardíaca en el Primer Minuto en el Grupo 2 (7 a 8 años).	57
<b>Tabla 12.</b>	Resumen de análisis de independencia Chi- cuadrado entre las variables Saturación de oxígeno y Frecuencia Cardíaca en el Primer Minuto en el Grupo 3 (9 a 10 años).	58
<b>Tabla 13.</b>	Resumen de análisis de independencia Chi- cuadrado entre las variables Saturación de oxígeno y Frecuencia Cardíaca en el Primer Minuto en el Grupo 4 (11 a 12 años).	58
<b>Tabla 14.</b>	Resumen de análisis de independencia Chi- cuadrado entre las variables Saturación de oxígeno y Frecuencia Cardíaca a los Tres Minutos en el Grupo 1 (5 a 6 años).	59
<b>Tabla 15.</b>	Resumen de análisis de independencia Chi- cuadrado entre las variables Saturación de oxígeno y Frecuencia Cardíaca a los Tres Minutos en el Grupo 2 (7 a 8 años).	59
<b>Tabla 16.</b>	Resumen de análisis de independencia Chi- cuadrado entre las variables Saturación de oxígeno y Frecuencia Cardíaca a los Tres Minutos en el Grupo 3 (9 a 10 años).	60
<b>Tabla 17.</b>	Resumen de análisis de correspondencia Chi- cuadrado entre las variables Saturación de oxígeno y Frecuencia Cardíaca a los Tres Minutos en el Grupo 4 (11 a 12 años).	60
<b>Tabla 18.</b>	Resumen de Frecuencias de los Valores de Saturación de Oxígeno y Frecuencia Cardíaca obtenidos en este estudio según las variables SEXO Y EDAD.	61

## **LISTA DE ANEXOS**

<b>ANEXO 1.</b>	<b>ENCUESTA</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO 2.</b>	<b>CONSENTIMIENTO INFORMADO</b>	<b>66</b>

## RESUMEN

**Título:** SATURACIÓN DE OXÍGENO EN NIÑOS Y NIÑAS ESCOLARES SANOS DE 5 A 12 AÑOS EN ESCUELAS DE EDUCACIÓN BÁSICA UBICADAS A LA ALTURA DE 2880 A 3000 METROS EN LA CIUDAD DE QUITO EN EL PERÍODO DE MARZO - MAYO 2015.

**Autores:** Judith Alexandra Novillo Allauca y Andrea Giselle Mata Jiménez

**Lugar y Fecha:** Escuelas de Educación Básica en el período de marzo a mayo del 2015 en la ciudad de Quito.

**Objetivo:** Determinar los valores de saturación de oxígeno en una población pediátrica sana en la ciudad de Quito, Ecuador, ubicada a 2880 a 3000 metros de altura sobre el nivel del mar, con el fin de optimizar el manejo de pacientes que requieran oxígeno con base en los parámetros propios de la ciudad.

**Método:** Se realizó un estudio descriptivo, observacional, con recolección prospectiva de la información, que involucró a 450 participantes sanos entre las edades de 5 a 12 años que asisten a las escuelas de Educación Básica durante el año 2015 a los que se les realizó dos mediciones de saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca mediante oximetría de pulso en el dedo índice de la mano derecha. La primera, de un minuto y la segunda de tres minutos, con un intervalo de descanso de un minuto entre ellas. Las variables de la prueba se cruzaron por medio del programa estadístico SPSS para determinar asociaciones, correlaciones y dependencias entre las variables del estudio.

**Resultados:** De los 450 participantes, se encontró una media de saturación de oxígeno de 94.40% al primer minuto y de 94.80% al tercer minuto. No se encontró una diferencia marcada de valores de saturación de oxígeno con respecto al género. Por otro lado, de los cuatro grupo en los que se les dividió a los participantes, el grupo uno (5 a 6 años) fue el que presentó un porcentaje de saturación más bajo (93.96%) que el resto. Se observó que el valor de saturación de oxígeno es más confiable en la segunda toma (3 minutos).

**Conclusiones:** La media de saturación de oxígeno en la ciudad de Quito a la altura de 2880 a 3000 metro fue de 94.40%. No se encontró una dependencia entre las variables de saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca en el grupo 1 (5 a 6 años) y grupo 3 (9 a 10 años). Finalmente, se observó que los valores de saturación de oxígeno son inversamente proporcionales a la altitud en la que se encuentre el individuo.

## **ABSTRACT**

**TITLE:** OXYGEN SATURATION IN HEALTHY SCHOOL CHILDREN BETWEEN THE AGES OF 5 TO 12 YEARS ATTENDING SCHOOLS IN BASIC EDUCATION LOCATED AT THE HEIGHT OF 2880 TO 3000 METERS IN THE CITY OF QUITO IN THE PERIOD MARCH - MAY 2015.

**Location and Date:** Schools Basic Education in the period from March to May 2015 in the city of Quito.

**Objective:** To determine the oxygen saturation values in a healthy pediatric population in Quito, Ecuador, located 2880-3000 meters above sea level, in order to optimize the management of patients requiring oxygen based in the own parameters of the city.

**Method:** An observational, descriptive study with prospective data collection, which involved 450 healthy participants between the ages of 5-12 years attending schools in basic education during 2015 to which it was performed two measurements of oxygen saturation and heart rate by pulse oximetry in the index finger of his right hand. The first, a minute and the second of three minutes, with an interval of one minute rest between them. The test variables were crossed by the SPSS statistical program to determine associations, correlations and dependencies between variables of the study.

**Results:** Of the 450 participants, average oxygen saturation at first minute 94.40% and 94.80% in the third minute was found. A marked difference in oxygen saturation values regarding gender was not found. Moreover, of the four groups that were divided

participants, the one (5-6 years old) was the group that presented a lower saturation percentage (93.96%) than the rest. It was noted that the oxygen saturation value is more reliable in the second outlet (3 minutes).

**Conclusions:** The mean oxygen saturation in Quito up 2880 to 3000 meters was 94.40%. No dependence between variables oxygen saturation and heart rate in group 1 (5-6 years) and group 3 (9-10 years old) was found. Finally, it was observed that oxygen saturation values are inversely proportional to the altitude at which the individual is.



# **1. CAPÍTULO I**

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

Desde el nacimiento, el ser humano realiza un proceso fundamental para la vida: el respirar, un proceso involuntario, en el que los pulmones se llenan de aire continuamente para capturar el oxígeno necesario y así permitir el desarrollo y funcionamiento de todo el organismo.

Las vías respiratorias conducen el aire inspirado hacia la unidad funcional de los pulmones, el acino pulmonar, el cual está formado por un bronquiolo respiratorio, conductos alveolares, atrios y sobre todo los alvéolos, en los que se produce la difusión del oxígeno hacia la sangre pulmonar y el dióxido de carbono en dirección desde la sangre hacia los alvéolos.

Una vez que el oxígeno se ha difundido desde los alvéolos hacia la sangre pulmonar, es transportado hacia los capilares de los tejidos periféricos de dos maneras: combinada y disuelta. El principal sistema de transporte es el combinado con la hemoglobina, correspondiente a un 97% y su forma disuelta corresponde al 3%.

La unión de la hemoglobina con el oxígeno da como resultado la oxihemoglobina y la desoxihemoglobina es la forma desoxigenada, siendo ambas reversibles y dependientes de la presión parcial de oxígeno en la sangre.

Considerándose el quinto signo vital, la saturación de oxígeno sirve para determinar la concentración de oxígeno en sangre, mediante la evaluación del nivel de hemoglobina oxigenada arterial.

Un método no invasivo, cómodo, barato, fácil de usar y sobre todo en tiempo real de la saturación de oxígeno en la sangre arterial es conocido como oximetría de pulso. Fue

desarrollada en 1974, pero se introdujo en la práctica clínica diez años después, su funcionamiento se rige en colocar un lecho vascular arterial pulsátil entre una fuente de luz de dos longitudes de onda roja e infrarroja y un detector luminoso, que mide la luz transmitida a través de la piel, que de acuerdo con el radio de la absorbancia de la luz, se correlaciona con la proporción de hemoglobina saturada y desaturada en el tejido.

Los sitios recomendados para colocar el oxímetro de pulso son: el lóbulo de la oreja, dedos y manos de pies en adultos, palma de la mano en infantes y el arco del pie en recién nacidos.

La oximetría de pulso ha sido implementada para una evaluación inicial rápida en pacientes con enfermedad respiratoria, monitorización de pacientes inestables por su condición respiratoria o hemodinámica durante el traslado hospitalario, monitorización continua y valoración de severidad de una crisis asmática.

Se han descrito varias ventajas con respecto a la oximetría de pulso, se la recomienda debido a que es un método fiable, bastante sensible para detectar episodios de desaturación que fueron inadvertidos en el examen clínico, además informa sobre la frecuencia cardíaca.

Por otro lado, los valores de saturación de oxígeno pueden verse alterados en situaciones de movimiento, de baja perfusión, pigmentación de la piel, pintura de uñas, calibración y posición del oxímetro, interferencia de luz ambiental, en patologías en las que existe predominio de carboxihemoglobina y metahemoglobina y anemia.

Se debe tomar en cuenta al momento de realizar la medición que la saturación de oxígeno presenta una fluctuación durante las 24 horas del día y es dependiente de la altitud a la que se encuentra la persona.

Quito se encuentra a una altura entre los 2400 y 3200 metros sobre el nivel del mar, tiene una presión barométrica de 546 mmHg, la cual influirá en la concentración de oxígeno alveolar y a su vez en la concentración arterial de oxígeno. Los niños que viven en estas elevaciones son sometidos a un ambiente relativamente hipóxico.

En Ecuador, no existen parámetros normales de saturación de oxígeno en la población pediátrica, según edad y altitud, razón por la que se decidió desarrollar esta investigación.

## **2. CAPÍTULO II**

El oxígeno es el elemento químico más abundante en el aire que respiramos, fundamental para la supervivencia del ser humano, y necesario para el metabolismo y funcionalidad de todos los órganos; para lograrlo, es necesaria la interacción tanto del sistema respiratorio como del cardiovascular.

### **2.1 ANATOMÍA DEL SISTEMA RESPIRATORIO**

El sistema respiratorio está formado por las estructuras que realizan el intercambio de gases entre la atmósfera y la sangre, las cuales están divididos en tracto respiratorio superior e inferior.

La nariz es la parte superior del sistema respiratorio, en su interior se encuentra una estructura cartilaginosa denominada tabique nasal, que divide la cavidad nasal en dos partes llamadas fosas nasales, que desembocan en la parte superior de la faringe. La faringe consta de tres partes: nasofaringe, orofaringe y laringofaringe.

La laringe se continúa con la tráquea, un tubo ancho que se mantiene abierto por la presencia de cartílagos hialinos en forma de anillos y que va a terminar a nivel del ángulo esternal y apófisis espinosa de la cuarta vértebra torácica, donde se divide en dos bronquios principales, derecho e izquierdo, para cada pulmón respectivamente.

Cada bronquio principal se divide en bronquios lobulares, posteriormente en bronquios segmentarios y éstos a su vez en bronquiolos que se ramifican en estructuras más pequeñas llamadas bronquiolos terminales, y en conjunto se los denomina árbol bronquial.

Los bronquiolos terminales se subdividen hasta formar los bronquiolos respiratorios, los cuales se caracterizan por presentar conductos alveolares, sacos alveolares y alvéolos.

Los órganos esenciales para que se produzca la respiración son los pulmones, que son estructuras ligeras, blandas, esponjosas y sobre todo elásticas; estos órganos se encuentran dentro de la cavidad torácica envueltos cada uno en un saco pleural y separado entre ellos por el corazón y estructuras del mediastino. En la cara interna de cada pulmón se encuentra el hilio, una zona por la cual entran y salen estructuras como arterias, venas, nervios, bronquiolos, ganglios linfáticos y vasos.

### **2.1.1 UNIDAD RESPIRATORIA**

La unidad funcional del pulmón es el acino pulmonar, el cual está formado por un bronquiolo respiratorio, conductos alveolares, atrios y sobretodo los alvéolos; éstos últimos corresponden a una zona importante de la unidad donde se producirá la difusión de oxígeno hacia la sangre pulmonar y desde allí al resto de los tejidos.

En ambos pulmones existen aproximadamente unos 300 millones de alvéolos, con un diámetro de 0.2 um en promedio y unas paredes alveolares que son bastante delgadas con un gran plexo capilar interconectado a través de todos los alvéolos, permitiendo que el intercambio gaseoso entre el aire alveolar y la sangre pulmonar se produzca a través de las membranas de todas las porciones terminales de los pulmones y no sólo en los propios alvéolos.

## **2.2 SISTEMA CIRCULATORIO Y TRANSPORTE DE OXÍGENO**

Una vez conocida la anatomía del sistema respiratorio, podemos entender el camino por el que el oxígeno recorre hasta llegar a todos los tejidos. Participando conjuntamente con este sistema encontramos al sistema cardiovascular, el que transportará el oxígeno desde los pulmones a los capilares y el anhídrido carbónico desde los últimos hacia los pulmones.

El principal desempeño del sistema circulatorio en el transporte de oxígeno tiene que ver con el número de eritrocitos y la cantidad de la proteína transportadora de oxígeno llamada hemoglobina, regulada principalmente por la hormona eritropoyetina.

### **2.2.1 HEMOGLOBINA**

La hemoglobina es una proteína globular, presente en los eritrocitos en altas concentraciones, que fijan oxígeno en los pulmones y lo transportan por la sangre hacia los tejidos y células que rodean el lecho capilar del sistema vascular. Al volver a los pulmones, desde la red de capilares, la hemoglobina actúa como transportador de CO<sub>2</sub> y de protones.

### **2.2.2 ESTRUCTURA DE LA HEMOGLOBINA**

La hemoglobina es un tetrámero, compuesto de dos pares de cadenas polipeptídicas distintas, las cuales son alfa ( $\alpha$ ) y beta ( $\beta$ ) y cada cadena está pegada a un grupo hemo. Debido que cada cadena tiene un grupo proteico hemo, hay cuatro átomos de hierro en cada molécula de hemoglobina, transportando así, hasta cuatro moléculas de oxígeno.

La sangre del adulto habitualmente contiene cuatro especies de hemoglobina: oxihemoglobina, desoxihemoglobina, carboxihemoglobina y metahemoglobina, las dos

últimas se encuentran en mínimas concentraciones excepto en condiciones patológicas. La forma más frecuente de hemoglobina en el ser humano adulto, es la oxihemoglobina, que es una combinación de dos cadenas alfa y dos cadenas beta. La naturaleza de las cadenas de hemoglobina determina la afinidad de unión de la hemoglobina por el oxígeno.

## **2.3 DIFUSIÓN DE OXÍGENO**

Una vez que el oxígeno ha llegado a los alvéolos se produce la difusión de este gas hacia la sangre pulmonar y el dióxido de carbono en dirección desde la sangre hacia los alvéolos. Para entender mejor el concepto, se define la difusión como el movimiento aleatorio de moléculas que entrecruzan su trayectoria en todas las direcciones a través de la membrana respiratoria y los líquidos adyacentes.

La membrana respiratoria o unidad alvéolo-capilar, consta de un espesor aproximado de 0.6  $\mu\text{m}$ , con excepción de las zonas donde se encuentran núcleos celulares y una superficie celular de 70  $\text{m}^2$  en una persona adulta, compuesta por distintas capas:

- 1.-Capa de líquido que contiene el surfactante y recubre el alvéolo ayudando así a reducir la tensión superficial del líquido alveolar.
- 2.-Epitelio alveolar que está conformado por distintas células, entre ellas los neumocitos tipo I y tipo II, además de macrófagos, que son la primera línea de defensa celular a nivel pulmonar.
- 3.-Membrana basa epitelial.
- 4.-Espacio intersticial que separa el epitelio alveolar y la membrana capilar.

5.-Membrana basal capilar que en algunas ocasiones se puede fusionar con la membrana basal del epitelio alveolar.

6.-Membrana del endotelio capilar.

### **2.3.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VELOCIDAD DE DIFUSIÓN GASEOSA A TRAVÉS DE LA MEMBRANA RESPIRATORIA**

La velocidad con la que se produce el intercambio gaseoso puede verse influenciado por diferentes factores como:

1.-El grosor de la membrana puede alterar significativamente en la velocidad de difusión, ya que como se sabe la velocidad de difusión es inversamente proporcional al grosor de la membrana; cualquier proceso que aumente su espesor en dos o tres veces su valor normal, ya sea este edematoso o fibrótico, retardarán la velocidad de la difusión.

2.-Una disminución en el área de la superficie de la membrana respiratoria en un tercio o hasta en cuarto de su valor normal, puede sufrir a un deterioro significativo del intercambio de gases sobretodo en ejercicio de leve o moderada intensidad o en situaciones de reposo.

3.-Cuando la presión parcial de un gas en los alvéolos es mayor que la presión del gas en la sangre, como el caso del oxígeno, se va a producir una difusión desde los alvéolos hacia la sangre; por el contrario, si la presión del gas en la sangre es mayor que la presión parcial en los alvéolos, se producirá un intercambio desde la sangre hacia los alvéolos como en el caso del dióxido de carbono.



La membrana alvéolo-capilar o respiratoria tiene una capacidad de difusión en reposo en promedio de 21ml/min/mm, que se lo define como el volumen de un gas que se difunde a través de la membrana en cada minuto para una diferencia de presión parcial de 1 mmHg.

Esta capacidad de difusión puede verse alterada hasta un triple de su valor normal, sobre todo durante el ejercicio muy intenso o en situaciones en las cuales se produce un aumento del flujo sanguíneo pulmonar y la ventilación alveolar. Este aumento puede deberse a una apertura de varios capilares pulmonares previamente cerrados o a una dilatación adicional de los capilares que ya se encontraban abiertos, aumentando así el área superficial de la sangre hacia la que puede difundir el oxígeno.

## **2.4 TRANSPORTE DE OXÍGENO Y DIÓXIDO DE CARBONO EN LA SANGRE Y LOS LÍQUIDOS TISULARES**

Continuamente se absorbe oxígeno desde los alvéolos hacia la sangre de los pulmones y desde la atmósfera se respira nuevo oxígeno a los alvéolos, por lo tanto a mayor absorción de oxígeno será menor su concentración en los alvéolos, inversamente cuanto más rápido se inhale el nuevo oxígeno, aumentará su concentración.

Existen dos factores determinantes para la concentración de oxígeno en los alvéolos; la velocidad de absorción de oxígeno hacia la sangre y la velocidad de entrada de oxígeno nuevo a los pulmones.

La difusión de oxígeno sucede gracias a que la presión parcial de oxígeno en los alvéolos es en promedio de 104 mmHg, mayor que la presión parcial de oxígeno presente en la sangre venosa, que entra por el extremo arterial del capilar pulmonar, que es de tan sólo 40 mmHg. La presión parcial de oxígeno en los tejidos es de 95 mmHg, los mismos que están

rodeados de líquido intersticial con una presión parcial de 40 mmHg; por lo tanto, la diferencia de estas presiones hace que la presión capilar se iguale a la del intersticio favoreciendo el ingreso de oxígeno a la célula.

El dióxido de carbono es el resultado de una reacción entre el oxígeno y varios nutrientes presentes en las células tisulares. Al igual que el oxígeno, éste también se combina con sustancias químicas presentes en la sangre para aumentar su transporte hacia los pulmones desde los capilares tisulares en 15 a 20 veces.

Una vez que el dióxido de carbono se ha formado en las células, la presión de éste se eleva para que luego se difunda a los capilares tisulares y fluya hacia los pulmones, para luego pasar a los alvéolos y ser espirado. Es importante destacar que el transporte del dióxido de carbono siempre será en dirección opuesta a la del oxígeno, por lo que es necesario presiones mucho menores.

## **2.5 COMBINACIÓN REVERSIBLE DEL OXÍGENO CON LA HEMOGLOBINA**

Una vez que el oxígeno se ha difundido desde los alvéolos hacia la sangre pulmonar, es transportado hacia los capilares de los tejidos periféricos de dos maneras: combinada y disuelta. El principal sistema de transporte es el combinado con la hemoglobina, correspondiente a un 97%. La presencia de esta proteína permite que la sangre transporte 20 ml de oxígeno por cada 100 ml de sangre ó 30 a 100 veces más que si utilizara la forma disuelta.

La cantidad máxima de oxígeno que se puede combinar con la hemoglobina es de 1.34 mililitros por cada gramo de hemoglobina. Tomando en cuenta que una persona normal

contiene unos 15 gramos de hemoglobina por cada 100 mililitros de sangre, se combinará un total casi exacto de 20ml de oxígeno cuando la hemoglobina esté saturada al 100%.

La cantidad de oxígeno liberado de la hemoglobina en los tejidos es de 5 mililitros de oxígeno por cada 100 mililitros de sangre, este es el resultado de la diferencia entre la cantidad de oxígeno unido a la hemoglobina presente en la sangre arterial (19.4 ml) con la presente en los capilares tisulares (14.4ml).

La hemoglobina oxigenada cede su oxígeno a los tejidos en un 25%, esto se conoce como el coeficiente de utilización, que representa el porcentaje de la sangre que cede su oxígeno cuando pasa a través de los capilares tisulares. Este coeficiente puede aumentar hasta un 75 a 85% durante el ejercicio y hasta un 100% en zonas tisulares en las que la velocidad metabólica es muy elevada o el flujo sanguíneo es muy lento.

La oxihemoglobina es el resultado de la unión de la hemoglobina con el oxígeno, mientras que la forma desoxigenada se llama desoxihemoglobina, siendo ambas reversibles y dependientes de la presión parcial de oxígeno en la sangre. Cuando la presión parcial es elevada como en los capilares pulmonares, el oxígeno se liga a la hemoglobina, pero cuando es baja, como en el caso de los capilares tisulares, el oxígeno se libera de la hemoglobina. Esto constituye la base de casi todo el transporte de oxígeno desde los pulmones a los tejidos.

La cantidad de oxígeno que se transporta hacia los tejidos en forma disuelta es de 3%, es decir por cada 100 ml de agua de la sangre están disueltos 0.29 ml de oxígeno, permitiendo que se transporte tan solo 0.17 ml de oxígeno hacia los tejidos.

La saturación de la hemoglobina es la proporción porcentual entre el contenido de oxígeno y la máxima capacidad de unión. La sangre arterial está habitualmente saturada con oxígeno al 97%, mientras que la sangre venosa lo está al 75%.

### **2.5.1 CURVA DE DISOCIACIÓN OXÍGENO-HEMOGLOBINA**

La relación entre la presión parcial de oxígeno, la saturación de la hemoglobina por oxígeno o cantidad de oxígeno transportado, se representa gráficamente mediante la curva de disociación. La forma sigmoidea de la curva se debe a que la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno no es lineal o uniforme, sino que varía en función de cuál sea la presión parcial de oxígeno.

El grado de afinidad de la hemoglobina por el oxígeno puede estimarse a través de la presión parcial de oxígeno necesaria para saturar el 50% de la hemoglobina con oxígeno, situada en 27 mmHg.

El desplazamiento de la curva, ya sea hacia la derecha o hacia la izquierda, depende de cualquier cambio en la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno. Un desplazamiento hacia la izquierda supone un aumento de la afinidad (o descenso de la presión parcial de oxígeno) y un desplazamiento hacia la derecha supone una disminución de la afinidad (o aumento de la presión parcial de oxígeno).

Los factores más importantes que afectan a la curva de disociación de la hemoglobina son:

#### **1. Desplazamiento de la curva a la derecha:**

- Aumento de concentración de dióxido de carbono: debido a que la sangre atraviesa los tejidos, el dióxido de carbono se transporta desde las células tisulares hacia la sangre, aumentando la  $PCO_2$  y elevando la concentración sanguínea de ácido carbónico y de iones hidrógeno.
- Aumento de temperatura de la sangre.
- Aumento de 2,3- difosfoglicerato: es un compuesto que mantiene la curva de disociación ligeramente hacia la derecha todo el tiempo, pero en situaciones de

hipoxia que duran varias horas, aumenta su concentración y desplaza aún más la curva hacia la derecha.

## 2. Desplazamiento de la curva a la izquierda:

- Presencia en la sangre de grandes cantidades de hemoglobina fetal: esto produce aumento de la liberación de oxígeno a tejidos fetales en condiciones de hipoxia.

## **2.6 TRANSPORTE DEL DIÓXIDO DE CARBONO EN LA SANGRE**

La combinación del monóxido de carbono con la hemoglobina sucede en el mismo punto que la molécula de hemoglobina se une con el oxígeno, de esta manera puede desplazar el oxígeno de la hemoglobina con una fuerza 250 veces superior.

Una presión de monóxido de carbono de 0.4mmHg en los alvéolos permite que el monóxido de carbono compita en condiciones iguales con el oxígeno por la hemoglobina, haciendo que la mitad de la hemoglobina en sangre se una a monóxido de carbono en vez del oxígeno. Una presión de monóxido de carbono mayor de 0.4mmHg puede ser letal.

El transporte del dióxido de carbono es más sencillo que del oxígeno, la cantidad de éste está relacionado con el equilibrio ácido-básico de los líquidos corporales. En promedio se transportan 4 ml de dióxido de carbono por cada 100 ml de sangre desde los tejidos a los pulmones.

El dióxido de carbono se puede transportar de distintas maneras:

1. Aproximadamente 0.3 ml por cada 100 ml de sangre se transporta en forma disuelta, lo que corresponde al 7% del total de dióxido de carbono transportado.

2. En el interior de los hematíes existe la enzima anhidrasa carbónica que cataliza la reacción entre el dióxido de carbono y agua para formar ácido carbónico. Esto permite que gran cantidad de dióxido de carbono reaccione con el agua del hematíe incluso antes de que la sangre abandone los capilares tisulares, esta combinación reversible es responsable del 70% del dióxido de carbono transportado a los pulmones, siendo el más importante. Dentro de los hematíes se encuentra la proteína transportadora de bicarbonato-cloruro, que es la encargada de la difusión de los iones bicarbonato desde los hematíes hacia el plasma y permitiendo también el reemplazo de iones cloruro por iones bicarbonato.

3. Finalmente el dióxido de carbono puede transportarse en combinación con la hemoglobina conocida como carbaminohemoglobina o unido a proteínas plasmáticas, representando el 30 % de la cantidad total que se transporta.

Para representar la dependencia del dióxido de carbono sanguíneo total en todas sus formas respecto a la  $PCO_2$  existe la curva de disociación de carbono. A esta curva también le afectan algunos factores, el más relevante es la combinación del oxígeno con la hemoglobina en los pulmones, que provoca que la hemoglobina se convierta en un ácido más fuerte y así, ayude a la salida del dióxido de carbono desde la sangre, desplazando la curva hacia la derecha, lo que se conoce como efecto Haldane (o efecto Christiansen-Douglas-Haldane), dando como resultado el aumento del transporte de  $CO_2$ .

## **2.7 PARÁMETROS QUE DETERMINAN LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO**

Existen varios parámetros para determinar la concentración de oxígeno en sangre, estos son:

1. Saturación de oxígeno

## 2. Presión parcial de oxígeno

**Saturación de oxígeno:** La saturación de oxígeno en sangre evalúa el nivel de hemoglobina oxigenada arterial y se representa por la relación de la concentración de hemoglobina oxigenada para la concentración total de hemoglobina en la sangre:  $([HbO_2] + [Hb])$ :  $SaO_2 = [HbO_2] / ([HbO_2] + [Hb])$ .

La saturación de oxígeno tiene el mismo valor en todo el sistema arterial, ya que el oxígeno se extrae de la sangre sólo de los capilares. Su valor normal es del 95-98% e indirectamente proporciona información de la presión parcial de oxígeno. Con respecto a la sangre venosa, el rango normal de la saturación de oxígeno es 70 % -80 %.

La saturación es considerada el quinto signo vital después de la frecuencia cardíaca, presión arterial, temperatura y frecuencia respiratoria.

**Presión parcial de oxígeno:** Se define como la presión de las moléculas libres disueltas en la sangre que no se combinan con la hemoglobina, razón por la cual nos proporciona menor información; sin embargo cuando este parámetro presenta un valor normal permite una correcta difusión de oxígeno a la sangre, que a nivel del mar se encuentra en un rango entre 80 y 100 mmHg.

La presión parcial de oxígeno y la saturación de oxígeno tienen gran importancia clínica y fisiológica, ya que dependen del ajuste de la función respiratoria y están directamente relacionados con el suministro de oxígeno a los órganos.

## **2.8 OXIMETRÍA DE PULSO**

### **2.8.1 HISTORIA**

El origen de la oximetría data desde el año 1862, cuando el profesor alemán Félix Hoppe Seyler incorpora el término de hemoglobina y reconoce que la sangre oxigenada se puede diferenciar de la no oxigenada. George Stokes en 1864, describe el transporte de oxígeno en la sangre con ayuda de la hemoglobina. En 1876, tras la construcción del primer espectroscopio por Robert Bunsen y Gustav Kirchhoff, el científico Karl Von Vierordt usa el espectroscopio para la medición del oxígeno, utilizando la transmisión de la luz.

El primer aparato para medir la saturación de oxígeno fue un auricular que contenía dos longitudes de onda, una roja y una verde, fabricado en 1935 por Karl Matthes. Durante la Segunda Guerra Mundial, Glen Millikan desarrolla un método óptico destinado a la medición de la saturación de hemoglobina con oxígeno e introduce el término de “oxímetro”. En 1949, la pieza auricular de Millikan fue modificada por Earl Wood, en la Clínica Mayo, quien aumentó una cápsula de presión con dos ventajas: mayor exactitud y lectura absoluta de saturación de oxígeno, dando como resultado a la oximetría moderna. Shaw en 1964, ensambla el primer oxímetro auricular, autocalibrable, utilizando ocho longitudes de onda. A pesar de que se convirtió en un modelo clínico y demostró seguridad para la monitorización intraoperatoria, su tamaño, costo y la dificultad del sensor auricular impidieron su aceptación como monitor de rutina. Once años después en 1975, el ingeniero Takuo Aoyagi diseña el primer oxímetro auricular comercial, y finalmente, en 1980, el anestesiólogo William New desarrolla y distribuye el oxímetro de pulso.



### **2.8.2 PULSIOXIMETRÍA**

La oximetría de pulso o también conocida como pulsioximetría, constituye un método no invasivo y en tiempo real de la saturación de oxígeno en la sangre arterial del paciente, expresado en porcentaje.

Su uso permite una monitorización continua de la oxigenación, debido a que detecta de forma temprana hipoxia antes de que ella muestre signos clínicos como cianosis, taquicardia o bradicardia.

La oximetría es la interpretación de la coloración sanguínea que depende fundamentalmente de la saturación de oxígeno. Este cambio de color se debe a las propiedades ópticas de la porción hem de la molécula de hemoglobina; debido que el oxímetro sólo mide lo rojo de la sangre arterial, cuando la sangre se desoxigena se vuelve menos permeable a la luz roja, razón por la cual el tejido pierde su apariencia rosada y toma un tinte azulado.

De esta manera podemos establecer que el oxímetro de pulso mide la absorción de la luz de ondas específicas, las cuales dependen de la proporción que hay entre la hemoglobina oxigenada y la hemoglobina desoxigenada.

### **2.8.3 PRINCIPIO BÁSICO DE OXÍMETRO DE PULSO**

Se han desarrollado técnicas ópticas para la evaluación de la saturación, las cuales se basan en diferentes espectros de absorción de la luz para hemoglobina oxigenada y desoxigenada.

La prueba del oxímetro emite luz a diferentes longitudes de onda abarcando los dos espectros, transmitiéndose a través de la piel y medida por un fotodetector. De acuerdo

con el radio de la absorbancia de la luz, se correlaciona con la proporción de hemoglobina oxigenada y desoxigenada en el tejido. Las dos longitudes de onda son roja e infrarroja, con una absorbancia de luz de 660 nm y 940 nm respectivamente. La hemoglobina desoxigenada absorbe más luz en la banda roja y la oxigenada absorbe más luz en la banda infrarroja.

El oxímetro de pulso se basa en fotopletismografía, que es la medición del aumento de absorción de la luz debido al aumento del volumen en la sangre arterial. Al ser un dispositivo dual, permite la medición de las porciones de la luz transmitida y absorbida por parte de la hemoglobina.

Su funcionamiento se rige en colocar un lecho vascular arterial pulsátil entre una fuente de luz de dos longitudes de onda y un detector luminoso. El cálculo de saturación se determina por la relación de la luz roja transmitida y la luz infrarroja reflejada por el sitio en el que se colocó el sensor.

La tecnología básica esta descrita en la ley de Beer-Lambert la cual establece que la concentración de soluto desconocido, en un solvente, puede ser determinada por la absorción de la luz. En este caso los solutos importantes son la hemoglobina reducida y oxihemoglobina.

## **2.8.4 TÉCNICA E INTERPRETACIÓN**

Los sitios recomendados para realizar la saturación de oxígeno son: el lóbulo de la oreja, dedos y manos de pies en adultos, palma de la mano en infantes y el arco del pie en recién nacidos, debido a que son áreas del cuerpo suficientemente delgadas para permitir que la luz atraviese un lecho capilar y sea captada por el fotodetector.

Se debe tomar en cuenta al momento de realizar la medición que la saturación de oxígeno tiene una fluctuación durante las 24 horas del día, siendo los valores más altos en la tarde y los más bajos en las primeras horas de la mañana.

La oximetría de pulso sirve para medir la saturación de oxígeno en la sangre, pero no la presión de oxígeno, dióxido de carbono o pH. Por tanto, no sustituye a la gasometría en la valoración completa en enfermos respiratorios.

Existen dos puntos de corte a tomar en cuenta al interpretar la relación entre la saturación de oxígeno y presión parcial de oxígeno. En condiciones normales a una saturación de 90% le corresponde una presión parcial de oxígeno de 60 mmHg, pero en situaciones en las que disminuye la presión de oxígeno se da desaturaciones importantes. Por el contrario por encima del 95%, grandes aumentos de la presión parcial de oxígeno no producirán incrementos significativos de la saturación de oxígeno.

Los valores normales de saturación de oxígeno en la población pediátrica aún no están establecidos, ya que varían según la edad y la altitud.

En niños sanos que se encuentran a nivel del mar se ha reportado valores de 97-99%, en altitudes moderadas son ligeramente más bajas ubicándose entre 97-98%, pero en altitudes que sobrepasan los 3000 metros de altura, los valores de saturación se ubican entre 74 y 82% .

### **2.8.5 INDICACIONES**

- Evaluación inicial rápida en pacientes con enfermedad respiratoria ya sea en consulta o urgencias.

- Monitorización de pacientes inestables por su condición respiratoria o hemodinámica durante el traslado hospitalario.
- Monitorización continua y valoración de severidad de una crisis asmática.
- Monitorización de la cantidad de oxígeno administrado.

### **2.8.6 VENTAJAS**

- Es un método no invasivo, cómodo, barato y fácil de usar.
- Es fiable en el rango de 80-100% de saturación, que es el más interesante en la práctica clínica.
- Es bastante sensible para detectar episodios de desaturación que fueron inadvertidos en el examen clínico. Además de informar sobre la frecuencia cardíaca.
- Es útil para una monitorización continua en pacientes que están bajo los efectos de anestesia general.
- Su exactitud se basa en que el valor de saturación de oxígeno es en tiempo real, siendo rápido y confiable.

### **2.8.7 LIMITACIONES**

Las limitaciones de la oximetría de pulso pueden generalmente ser clasificada como seguras o potencialmente inseguras.

1. **Limitaciones seguras:** se refiere a aquellas circunstancias en que la inexactitud en la que se muestra la saturación de oxígeno se puede sospechar, y su causa es reconocible.

- **Movimiento:** esta es la más común, sobre todo en niños muy pequeños o recién nacidos. Dado que la oximetría de pulso mide los componentes pulsátiles arteriales y no arteriales, cualquier movimiento de la sangre altera al monitor, ofreciendo niveles de saturación falsamente bajos.
- **Baja Perfusión:** La magnitud de la señal necesaria para el oxímetro de pulso está determinada por la perfusión del lecho vascular que se encuentra entre el diodo emisor de luz y el sensor de la sonda del monitor, por lo tanto, situaciones que causen estados de perfusión bajos y alteración de la magnitud de la señal, como gasto cardíaco bajo, hipotermia, vasoconstricción periférica, darán como resultado lecturas falsas.
- **Pigmentación de la piel y Pintura de uña:** La piel oscura potencialmente tendría errores con lecturas de saturación menores de 80% y el esmalte de uñas puede interferir con la capacidad del oxímetro de pulso debido a que éste absorbe la luz a 660nm o 940 nm.

2. **Limitaciones Potencialmente Inseguras:** se considera cualquier situación en la que la inexactitud es difícil de reconocer y el valor de saturación marcará erróneo.

- **Calibración del Equipo:** No existe un método estándar para calibrar el equipo y depende directamente del fabricante.
- **Posición del Oxímetro:** Cuando el oxímetro es colocado de manera inapropiada produce lecturas de saturación inferiores.

- ***Interferencia de Luz Ambiental:*** La función de los fotodetectores puede verse alterada por la interferencia de la luz de las lámparas infrarrojas de calentamiento y fototerapia, especialmente en niños. Puede evitarse al cubrir el sensor con un material no transparente.
- ***Variantes de Hemoglobina:*** Existen dos situaciones en las que se puede afectar la lectura de los oxímetros:
  - Carboxihemoglobina: La presencia de esta molécula en la sangre incrementa 1% de la saturación de oxígeno por cada 1% de cada carboxihemoglobina circulante, ya que absorbe la luz roja en un grado similar a la oxihemoglobina.
  - Metahemoglobina: Debido a que su concentración es menor al 1% no da problemas, pero en intoxicaciones por sulfonamidas, uso de anestésicos, óxido nítrico y hemoderivados artificiales puede elevarse causando alteración de la lectura.
- ***Anemia:*** Concentraciones de hemoglobina menores a 5 gr/dl produce lecturas poco confiables debido a la disminución de hemoglobina apta para transportar oxígeno.

## 2.9 SATURACIÓN EN ALTITUDES MODERADAS

La ciudad de Quito se encuentra a una altura entre los 2400 y 3200 metros sobre el nivel del mar. La estructura territorial de la ciudad de Quito, está fuertemente condicionada por sus condiciones geomorfológicas y geológicas, que han incidido históricamente en la formación de la ciudad.

Se ha observado que si la altura sobre el nivel del mar crece en progresión aritmética, la presión disminuye en progresión geométrica. Con lo anterior podemos determinar la importancia que la altitud ejerce sobre la saturación de oxígeno de la hemoglobina, pues la presión barométrica es de 760 mmHg a nivel del mar y disminuye a medida que la altura aumenta. Por ejemplo, la ciudad de Quito tiene una presión barométrica de 546 mmHg, lo cual influirá en la concentración de oxígeno alveolar y a su vez en la concentración arterial de oxígeno.

Los niños que viven en estas elevaciones son sometidos a un ambiente relativamente hipóxico. Estos niños, al igual que los niños que viven en cualquier otra altitud, en ocasiones requieren oxígeno suplementario como terapia para diversas enfermedades respiratorias. Debido a que se ignoran los valores normales de saturación arterial de oxígeno en niños sanos en esta ciudad, se han tomado como referencia valores de otros países que se encuentran a altitudes similares.

## **2.10 JUSTIFICACIÓN**

En el Ecuador no existen estudios que determinen la saturación normal de oxígeno de niños y niñas sanas entre las edades de 5 a 12 años de edad que vivan en la ciudad de Quito. En los servicios de salud pediátrica de la ciudad, el manejo de oxígeno se lo hace de manera empírica sin conocer cuál es la necesidad de éste frente a patologías respiratorias, ya que se desconoce cuál es el valor normal de saturación de oxígeno en pacientes pediátricos sanos. Es importante tomar en cuenta que el oxígeno es un medicamento que presenta efectos adversos significativos en los pacientes expuestos al mismo.

Por lo tanto esta investigación se realizará con el fin de determinar los valores de saturación de oxígeno en la población pediátrica y de este modo ayudar a optimizar el

manejo de pacientes pediátricos que requieran oxígeno, con base en los parámetros propios de la ciudad.

## **2.11 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

1. La saturación de oxígeno es desconocida en la población pediátrica sana entre 5 a 12 años de edad de la ciudad de Quito.
2. Se desconoce la cantidad de tiempo en el que se debe colocar el oxímetro de pulso para que la medida sea más confiable.

## **2.12 OBJETIVOS**

### **2.12.1 General**

- Determinar los valores de saturación de oxígeno en una población pediátrica sana en la ciudad de Quito, Ecuador, ubicada entre 2880 a 3100 metros de altura sobre el nivel del mar, con el fin de optimizar el manejo de pacientes que requieran oxígeno con base en los parámetros propios de la ciudad.

### **2.12.2 Específicos**

- Identificar la variación de valor de saturación de oxígeno normal por sexo y grupo etario.
- Determinar el punto de corte de la saturación de oxígeno en niños y niñas sanos.



- Comparar la variación de saturación de oxígeno entre Quito y estudios desarrollados a nivel del mar.
- Identificar el tiempo de saturación adecuado para tener un valor correcto de oxigenación.

### **2.13 HIPÓTESIS**

La Saturación de oxígeno en niños y niñas escolares sanos de 5 a 12 años en Escuelas de Educación Básica ubicadas a la altura de 2880 a 3100 metros en la ciudad de Quito, es más baja en relación a los valores de saturación de oxígeno a nivel del mar.

### **3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

#### **3.1. TIPO DE PROYECTO**

El proyecto de investigación realizado cumple con procesos de enseñanza y acción médica para la obtención de información, la cual posteriormente pueda ser aplicada en programas médicos de intervención oportuna.

#### **3.2. TIPO DE ESTUDIO REALIZADO**

Para determinar la saturación de oxígeno en niños sanos de 5 a 12 años se planteó un estudio de tipo descriptivo, observacional, con recolección prospectiva de la información.

#### **3.3 POBLACIÓN**

##### **3.3.1 IDENTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN**

La población seleccionada para el proyecto de investigación fueron niñas y niños sanos en edades comprendidas entre 5 a 12 años, que asisten a las Escuelas de Educación Básica ubicadas a la altura de 2880 a 3000 metros en la ciudad de Quito, en el período de marzo a mayo del año 2015.

##### **3.3.2 TRABAJO DE CAMPO**

Para la elaboración de la investigación se escogió las dos escuelas que se encuentran a una altura entre 2880 a 3000 metros, en las cuales se realizó una reunión con cada una de las

directoras de los planteles para explicar la base, y los objetivos del proyecto. Posteriormente se solicitó autorización para trabajar tanto con los padres de familia como con los niños.

Una vez autorizada la entrada a los planteles, se realizó una reunión con los padres de familia de cada grado, se brindó información detallada, se despejó dudas y se entregó el consentimiento informado y la encuesta para la posterior selección de la muestra.

### **3.3.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

- Autorización escrita por los padres o tutores.
- Tiempo de residencia mínimo de seis meses en el área urbana de Quito.
- No haber sufrido un proceso patológico respiratorio agudo en el último mes previo al estudio.
- No haber sido hospitalizado por alguna patología respiratoria durante el último año.
- No haber sido hospitalizado en el período neonatal inmediato por problemas respiratorios.
- No presentar malformaciones anatómicas de la caja torácica.
- No tener problemas neuromusculares que alteren la mecánica ventilatoria.

### **3.3.4 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:**

- Fumadores pasivos: presencia de un fumador intradomiciliario por lo menos 1 hora al día, 3 días a la semana.

- Antecedentes de asma, rinitis alérgica, bronquiolitis, bronconeumonía, obstrucción de la vía aérea superior (adenoiditis) y otra alteración cardiorrespiratoria.
- Pacientes que se encuentren en tratamiento con antibióticos, broncodilatadores y/o antitusivos durante el último mes previo al estudio.
- Pacientes con soplos cardíacos, retracciones costales, roncus, sibilancias, estertores, crépitos.
- Cardiopatías congénitas.
- Transfusión sanguínea durante los últimos 6 meses.

### **3.4 MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE MUESTRA:**

Las mediciones de saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca fueron tomadas por dos investigadoras entrenadas en dicho proceso. Asistieron todos los días a los centros educativos previamente descritos, realizaron la toma de muestra por paralelo a los niños y niñas anticipadamente seleccionados.

Para la obtención de datos mediante oximetría de pulso en forma estandarizada, se colocó el oxímetro de pulso marca RIESTER ri-foxPulsoximeter No. 1900 en el dedo índice de la mano derecha. Previamente a la toma, el niño y la niña debieron estar sin esmalte de uñas, ni laceraciones de piel visibles en el dedo a tomar la muestra, en reposo, despiertos, sentados cómodamente evitando cualquier movimiento, llanto, o situación que pueda alterar el registro.

Se registró dos mediciones, la primera durante un minuto y la segunda durante tres minutos con intervalo de descanso de un minuto entre ellas.

### 3.5 OPERALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA
Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta la actualidad. Duración de la vida.	Tiempo	Años	Categoría: Grupo 1: 5-6 Grupo 2: 7-8 Grupo 3: 9-10 Grupo 4: 11-12
Sexo	Condición por la que se diferencian los hombres de las mujeres en la especie humana.	Género	Masculino Femenino	Categoría: Hombre Mujer
Saturación de oxígeno	Contenido de oxígeno de una muestra de sangre expresado como porcentaje de su capacidad.	Saturador	%	Categoría: numérica
Tiempo	Período determinado durante el que se realiza una acción o se desarrolla un acontecimiento.	Tiempo		Categoría: 1 minuto 3 minutos
Frecuencia cardíaca	Número de contracciones del corazón por unidad de tiempo.	Tiempo	Latidos	Categoría: numérica

### **3.6 MÉTODO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Una vez obtenidos los datos de saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca al minuto y a los tres minutos, sexo y grupo etario, se registraron en Excel para su posterior procesamiento en el programa estadístico SPSS22.

Para obtener valores porcentuales y absolutos de las variables expuestas, se generó tablas de contingencia para buscar asociaciones entre las diferentes variables, utilizando el método estadístico de la prueba de Chi cuadrado.

Para determinar la significancia de los datos se tomó como base un nivel de confianza mayor a 95% y una  $P < 0.05$ .

### **3.7 ASPECTOS BIOÉTICOS**

Para la participación del niño y niña se entregó a los padres de familia el consentimiento informado, el cual está avalado por el Departamento de Investigación y Bioética de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, que garantiza que dicho estudio está dentro de los parámetros éticos que determinan privacidad, voluntad y confidencialidad de los participantes.

Hay que tomar en cuenta que el proyecto realizado, no trabajó con métodos invasivos, dañinos o riesgosos para el participante.

Una vez seleccionada la muestra, se designó un número a cada participante para evitar exponer datos personales como nombres o número de cédula y así conservar su anonimato.

### **3.8 ASPECTOS ADMINISTRATIVOS**

- Recursos Humanos: dos investigadoras, colaboración de docentes y alumnado del plantel.
- Recursos Materiales: oxímetro de pulso marca RIESTER ri-foxPulsoximeter No. 1900, computador portátil, cámara de fotos, impresiones, fotocopias, acceso a internet, material de oficina (esferográficos, hojas, lápices, cuaderno, cartuchos de impresión, etc), pendrive, cds.

## **4. CAPÍTULO IV**

### **4.1 RESULTADOS**

Para mejor manejo de los resultados, se los clasificó en descriptivos y de asociación o correlación.

En este estudio participaron un total de 450 estudiantes sanos, de ambos sexos y edades comprendidas entre 5 a 12 años, que asisten a las Escuelas de Educación Básica ubicadas en Quito. De los 450 participantes, el 52% representa al sexo femenino, mientras que el 48 % está representado por el sexo masculino (Figura 1 y Tabla 1).

Se realizó una división de edades de los participantes con intervalo de 2 años. El primer grupo etario comprendido entre 5 y 6 años corresponde al 16.67% de la población estudiada, el segundo grupo de edad (7 a 8 años) es de 31.56%, el tercer grupo (9 a 10 años) es de 29.56% y el último grupo (11 a 12 años) es de 22.22% (Figura 2 y Tabla 2).

Del primer grupo estudiado, encontramos el sexo masculino con una prevalencia del 58.7%, en comparación con el 41.3% que representa el sexo femenino (Figura 3 y Tabla 3).

En el segundo grupo, prevaleció el sexo femenino con el 56.3%, a comparación del sexo masculino con el 43.3%, en el tercer grupo encontramos el sexo femenino con una prevalencia de 51.1% y el sexo masculino con el 48.9%, por último, en el cuarto grupo se observó una prevalencia del sexo femenino con el 55% a comparación del sexo masculino con el 45% (Figura 4, 5, 6 y Tablas 3).



#### **4.1.1 PROMEDIO DE SATURACIÓN DE OXÍGENO**

Posterior a la toma de saturación de oxígeno a los 450 estudiantes, se observó que los valores de saturación oscilaron en un rango entre 79% y 99% con un promedio de 94.4% y una moda de 95% al primer minuto, mientras que a los tres minutos el rango osciló entre 81% y 99% con una media de 94.8% y una moda de 96%. El valor de saturación más alto en ambas mediciones fue de 99% (1 participante) y los valores más bajos fueron 79% (1 participante) el primer minuto y 81% (2 participantes) en el tercer minutos (Tabla 4).

#### **4.1.2 PROMEDIO DE SATURACION DE OXÍGENO Y FRECUENCIA CARDÍACA SEGÚN GÉNERO**

El resultado que se obtuvo de saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca en relación al sexo, no tuvo un marcado cambio entre ellos, siendo así un valor de 94% al minuto en el sexo masculino y de 95% en el femenino. Con respecto a los tres minutos, el sexo masculino mostró una media de 96% mientras que el femenino un 95%. En cuanto a la frecuencia cardiaca al minuto no se evidenció una diferencia entre masculino y femenino, ya que ambos presentaron una media de 80 latidos por minuto. Por el contrario, la frecuencia cardíaca a los 3 minutos fue de 81 latidos por minuto para el sexo masculino y de 85 latidos por minuto en el femenino (Tabla 5 y Tabla 18).

#### **4.1.3 PROMEDIO DE SATURACIÓN DE OXÍGENO SEGÚN GRUPOS ETARIOS**

En el primer grupo (5 a 6 años) se evidenció durante el primer minuto una media de 93.96% y durante los 3 minutos 94.13%. La moda en este grupo durante el primer minuto fue de 95% y durante los 3 minutos 94%. Así también se obtuvo la mínima que fue de 81%

al primer minuto y al tercer minuto de 86%, la máxima al primer minuto fue de 98% y de 97% al tercer minuto (Tabla 6).

En el segundo grupo (7 a 8 años) se observó una media de 94.27% de saturación al primer minuto en un rango de 82% y 98%, con una moda del 95%. A los tres minutos se obtuvo de 94.46% dentro de un rango de 81% y 98%, acompañada de una moda de 96% (Tabla 7).

El grupo tres (9 a 10 años) mostró una media de 97.74% de saturación al primer minuto y disminuyendo a 95.12% a los tres minutos, con una moda en ambas tomas de 96%. El valor mínimo de saturación en este grupo fueron de 85% y 86% respectivamente y manteniendo su valor máximo en 99% (Tabla 8).

En el grupo cuatro (11 a 12 años) se evidenció una media de saturación de oxígeno al minuto de 94.47% y de 95.38% a los tres minutos, con una moda de 95% y 96% respectivamente. Se observó un valor mínimo de 79% correspondiente al primer minuto y de 89% de saturación de oxígeno al tercer minuto, se evidenció una marcada diferencia en cuanto a los valores mínimos en comparación de los máximos que fueron de 98% en ambas tomas (Tabla 9).

## **4.2 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES SATURACIÓN DE OXÍGENO Y FRECUENCIA CARDÍACA POR GRUPO ETARIO AL PRIMER MINUTO**

En este trabajo de investigación, se realizaron tablas que cruzaban las variables saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca en cada grupo de edad. En el primer grupo (5 a 6 años) se comparó la media de saturación de oxígeno y la media de la frecuencia cardíaca entre ellas durante un minuto, se observó una frecuencia cardíaca de 93.16 latido por minuto junto

con una saturación de 93.96%. Al analizar la prueba del Chi cuadrado, se demostró que dichas variables en este grupo etario no son dependientes entre sí ( $P < 0.117$ ) (Tabla 10).

Los datos obtenidos en el segundo grupo (7 a 8 años) mostraron un valor de 94.27% de saturación al primer minuto, de la mano con una frecuencia cardíaca de 90.29 latidos por minuto, manifestándose ser variables altamente significativas con una  $P < 0.000$  en la prueba estadística de Chi cuadrado (Tabla 11).

El grupo tres (9 a 10 años) obtuvo una media de 94.74% de saturación de oxígeno y una frecuencia cardíaca de 83.63 latidos por minuto. Al ser analizados en la prueba del Chi cuadrado no indicó dependencia entre ellos, debido a que desplegó una  $P < 0.126$  (Tabla 12).

Finalmente, en el grupo cuatro (11 a 12 años) el promedio de saturación de oxígeno al minuto fue de 94.47% y de 80.15 latidos por minuto. No se demostró dependencia entre las variables ni significancia estadística debido a que en la prueba de Chi cuadrado de Pearson el valor  $P < 0.681$  (Tabla 13).

#### **4.3 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES SATURACIÓN Y FRECUENCIA CARDIACA POR GRUPO ETARIO A LOS TRES MINUTOS**

El reporte de la prueba de Chi cuadrado de Pearson en el grupo uno (5 a 6 años de edad) indicó que las variables son independientes debido a su valor  $P < 0.802$ . El valor obtenido de saturación de oxígeno a los tres minutos fue de 94.13 % con una frecuencia cardíaca de 97.29 latidos por minuto (Tabla 14).

El grupo dos (7 a 8 años) mostró ser altamente significativo ( $P<0.000$ ) mediante la prueba de Chi cuadrado de Pearson, con valores de saturación de oxígeno de 94.46% y frecuencia cardíaca de 94.64 latidos por minuto (Tabla 15).

Las medias de saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca del grupo tres (9 a 10 años) fueron de 95.12% y 86.92 latidos por minuto respectivamente, pero al momento de analizar la prueba de Chi cuadrado, no se encontró valores estadísticamente significativos ( $P<0.800$ ), demostrando así que sus variables son totalmente independientes (Tabla 16).

En último lugar el grupo cuatro (11 a 12 años) expresó una media de saturación de oxígeno de 95.38% junto con una frecuencia cardíaca de 82.86 latidos por minuto, hallándose un valor estadísticamente significativo ( $P<0.020$ ) (Tabla 17).

## **5. CAPÍTULO V**

### **5.1 DISCUSIÓN**

Actualmente la OMS recomienda el uso de oxigenoterapia cuando la saturación es menor de 90%; sin embargo en la altura el valor umbral para considerar hipoxia es más bajo, por lo cual en los últimos tiempos, la introducción de la oximetría sobre todo en países en desarrollo está recomendada por su precisión para detectar hipoxemia y regular la relación costo- eficacia en el uso del oxígeno.

El estudio tiene como objetivo principal definir el valor normal de saturación de oxígeno en niños sanos de 5 a 12 años que viven a una altitud de 2880 a 3000 metros sobre el nivel del mar en la ciudad de Quito, por lo cual fue necesaria una selección cuidadosa de los participantes; ninguno de ellos debió presentar enfermedad cardiopulmonar aguda o crónica.

Estudios en diferentes partes del mundo han verificado los efectos de la altitud sobre los valores de la saturación de oxígeno en comparación con valores a nivel del mar, los cuales establecen que a mayor altitud los valores de saturación de oxígeno son más bajos, reportando valores de saturación de oxígeno de 87.3% y 91.7% en El Alto, Bolivia y Colorado, Estados Unidos, respectivamente.

El ser humano tiene la capacidad de compensar la hipoxemia por mecanismos que incluyen policitemia, aumento de la proliferación de los rebordes alveolares en los primeros ocho años de vida, aumento de la proliferación capilar en los tejidos periféricos y cambios en las enzimas oxidativas, este proceso a grandes altitudes se llama aclimatación ventilatoria. La importancia de la aclimatación radica en el mantenimiento de la presión parcial de oxígeno que disminuye gradualmente a medida que se asciende.

Se considera enfermedad respiratoria cuando la saturación de oxígeno es menor a 90% a nivel del mar, pero en la altitud estos niveles no necesariamente indican patología, aquí es donde entra el juicio clínico para así implementar o no la oxigenoterapia.

En el presente estudio reportamos niveles de saturación de oxígeno obtenidos de niños sanos de 5 a 12 años habitantes de la ciudad de Quito. Mientras que el promedio de los valores normales de saturación de oxígeno fueron de 98.5% y 98% en niños que viven a nivel del mar encontrados en el Kanchi Kamakoti, Chennai y Pápua Nueva Guinea respectivamente, este estudio encontró que los valores de saturación al primer minuto oscilaron en un rango entre 79% y 99% con un promedio general de 94.40% y una moda de 95%, por otro lado a los tres minutos el rango oscilo entre 81% y 99%, con un promedio de 94.80% y una moda de 96%. El valor de saturación más alto en ambas mediciones fue de 99% (1 participante) y el valor más bajo fue de 79% (1 participante) y 81% (2 participantes).

En cuanto al género, se apreció una mínima diferencia de 1% en la primera toma de saturación de oxígeno a favor del sexo femenino, a comparación de la segunda toma de 3 minutos en la que no hubo ninguna diferencia entre los dos géneros, en cuanto a grupos etarios tampoco se observó una diferencia significativa. Se concluyó que el ser hombre o mujer no es un factor determinante para determinar valores normales de saturación de oxígeno.

En esta investigación no se encontraron diferencias estadísticamente significativas de saturación de oxígeno en los diferentes grupos de edad, salvo en el grupo uno (5 a 6 años), el cual reportó valores más bajos, tanto al minuto (93.96%) como al tercer minuto (94.13%) en comparación a los tres grupos restantes, esto se puede explicar gracias a que

los infantes presentan una capacidad residual más baja y mayor resistencia de las vías respiratorias en comparación con los niños de mayor edad.

Hay reportes que describen que la presión parcial de oxígeno comienza a descender normalmente luego de la primera década. El fenómeno de descenso de la saturación de oxígeno se presenta posiblemente en altitudes mayores a 1.600 metros sobre el nivel del mar, se observó en estudios realizados en Bucaramanga, Colombia (1000 msnm) que la saturación de oxígeno promedio fue de 97.45%, en Bolivia (4200msnm) fue de 87.3% y en este estudio realizado en la Ciudad de Quito (2800-3000 msnm) fue de 94.40%, con estos datos se concluye que la saturación de oxígeno tiende a disminuir a medida que la altura aumenta.

Debido a los cambio anatómo-fisiológicos entre niños y adultos, se comprobó que no existe una relación de dependencia entre la saturación de oxígeno y la frecuencia cardíaca tanto en la primera toma de 1 minutos como en la de 3 minutos en el grupo 1 (5 a 6 años). La frecuencia cardíaca tiende a ser más elevada en el niño, ya que al tener una mayor proporción de tejido fibroso presenta el corazón una menor distensibilidad y por lo tanto, cualquier incremento de gasto cardíaco llevará a un incremento de frecuencia cardíaca.

Al tener el niño un mayor gasto cardíaco por kg de peso y una reserva de oxígeno limitada, ya que su demanda de oxígeno es más alta, cualquier causa que incremente esta demanda, dificulte su transporte o extracción, condicionará un compromiso cardiorespiratorio.

Hallazgos interesantes se apreciaron al asociar las variables de saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca en el grupo 2 (7-8 años) y en el grupo 4 (11-12 años), se demostró una relación altamente significativamente entre ellas. Esta premisa se explicaría ya que en la

edad escolar, fisiológicamente el corazón alcanza el tamaño del adulto y la frecuencia cardíaca tiende a estabilizarse.

En el grupo 3 (9-10 años) se evidenció una independencia de las variables saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca en ambas tomas. En cuanto a la frecuencia cardíaca, es importante señalar que en este estudio se destacó el aumento de esta en la segunda toma (3 minutos) con una media de 90.18 latidos por minuto entre los 450 participantes, con este hallazgo se puede deducir que la frecuencia cardíaca fue variable, ya que al momento de la toma, los participantes no se encontraron en un ambiente cien por ciento aislado, generando un pequeño margen de error lo cual explicaría la falta de asociación entre las variables de saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca en los diferentes grupos.



## **6. CAPÍTULO VI**

### **6.1. CONCLUSIONES**

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se logra concluir que:

- 1.- La distribución de participantes según género fue mayor en el grupo femenino (52%).
- 2.- La distribución de participantes según grupo etario fue mayor en el grupo dos (7 a 8 años) con el 31.6 %.
- 3.- De 450 participantes, la media de saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca al minuto fue de 94.40% y 86.55 latidos por minuto, respectivamente.
- 4.- De 450 participantes, la media a los tres minutos de saturación de oxígeno fue de 94.80% y de frecuencia cardíaca de 90.18 latidos por minuto.
- 5.-No hay evidencia significativa entre valores de saturación al primer minuto y a los tres minutos en el grupo de estudio.
- 6.- No existe una marcada diferencia del valor de saturación de oxígeno entre género.
- 7.-De los cuatro grupos estudiados, el grupo uno (5 a 6 años), fue el que presentó los valores de saturación más bajos, lo cual nos sugiere una adaptación fisiológica a mayores alturas con el tiempo.
- 8.- Existe una relación estadísticamente significativa entre las variables de saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca en los grupos 2 (7 a 8 años) y grupo 4 (11 a 12 años).
- 9.- Los valores de saturación de oxígeno son inversamente proporcionales a la altitud en la que se encuentra el individuo.

10.- Nuestra hipótesis de trabajo se apoyo parcialmente en que el promedio de la saturación de oxígeno efectivamente era menor respecto a lo publicado a nivel del mar en la literatura mundial.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

1.- Se debe considerar utilizar valores de saturación de oxígeno normales mayores a los que usualmente estamos acostumbrados a usar como referencia (90%-92%) para una mejor monitorización de los pacientes pediátricos, tomando en cuenta que como punto de corte para medir la saturación de oxígeno en esta población es de 94% en la ciudad de Quito.

2.- Se recomienda mantener el oxímetro de pulso en el dedo índice por un tiempo mínimo de tres minutos, ya que se comprobó que su valor es más confiable.

3.- Los valores promedios obtenidos pueden ser aplicados a los niños que cumplan con los requisitos y criterios de inclusión requeridos para este estudio.

4.- Queda por determinar el comportamiento de la saturación de oxígeno en los niñas y niños sanos que vivan en altitudes ligeramente inferiores de la ciudad de Quito, como en los valles de Los Chillos, Cumbayá, Tumbaco, Guallabamba, entre otros.

5.- Se recomienda comparar valores de saturación de oxígeno en la población pediátrica sana entre el oxímetro de pulso convencional y el monitor intrahospitalario.

6.- Es importante tomar en cuenta los valores de saturación de oxígeno y evaluación del estado clínico al momento de decidir el inicio de oxigenoterapia.

7.- Debido a la falta de sustento científico acerca de este tema, es fundamental realizar estudios futuros que contengan la variable valor de hemoglobina, ya que se sabe que cuyo

valor cuando se encuentra por debajo de 5mg/dl altera la cantidad total de oxígeno transportado.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

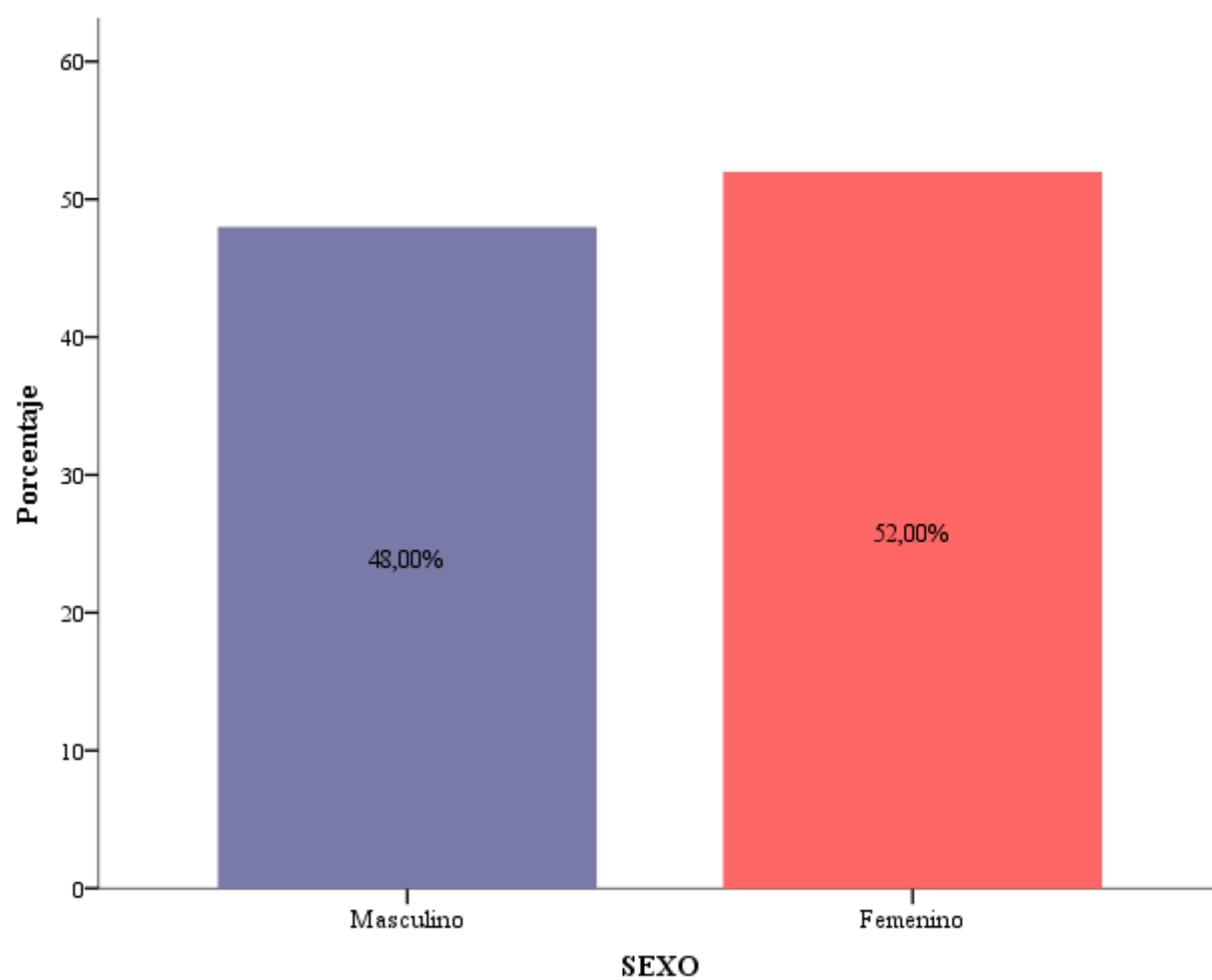
1. Niederbacher J, García M, Gómez G. Valores de referencia de saturación de oxígeno mediante pulso-oximetría en niños sanos de Bucaramanga. Revista Med UNAB 2003; 6(17):63-69.
2. Noguerol MJ, Seco A, Pulsioximetría. Técnicas En Atención Primaria En La Red. Disponible en :  
<http://www.fisterra.com/material/tecnicas/pulsioximetria/pulsioximetria.pdf>
3. Lozano JM, Duque OR, Buitriago T, Behaine S. Pulse oximetry reference values at high altitude. Arch Dis Child 1992 67: 299-301.
4. Subhi R, Smith K, Duke T. When should oxygen be given to children at high altitude? A systematic review to define altitude specific hypoxaemia. Arch Dis Child 2009;94;6-10.
5. Tapia CA, Rosales GI, Saucedo VJ, Ballesteros JC, Sánchez L, Santos I. Saturación periférica de oxígeno por oximetría de pulso en recién nacidos clínicamente sanos a la altitud de la Ciudad de México (2240). Gac Méd Méx Vol. 144 No. 3, 2008
6. Nicholas R, Yaron M, Reeves Jack. Oxygen Saturation In Children Living At Moderate Altitud. JABFP Sept.-Oct. 1993 Vol. 6 No.5

7. Sotirios F, Priftis KN, Anthracopoulos MB. Pulse Oximetry in Pediatric Practice. *Pediatrics* 2011;128: 740–752.
8. Pretto JJ, Roebuck T, Beckert L, Hamilton G. Clinical use of pulse oximetry: Official guidelines from the Thoracic Society of Australia and New Zealand, *Respirology* (2014) 19, 38–46.
9. Hanning CD, Alexander-Williams JM. Pulse oximetry: a practical review. *BMJ : British Medical Journal* 1995; 311(7001):367-370.
10. Moyle JT. Uses and abuses of pulse oximetry. *Archives of Disease in Childhood* 1996; 74(1):77-80.
11. Guyton H. Tratado de fisiología médica. Principios del intercambio gaseoso, difusión del oxígeno y CO<sub>2</sub> a través de la membrana respiratoria Ed Mc Graw Hill 1997.
12. Acevedo I. Aspectos Éticos En La Investigación Científica. *Cienc. enferm.* [online]. 2002, vol.8, n.1 [citado 2015-02-24], pp.15-18. Disponible en: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-95532002000100003&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95532002000100003&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0717-9553. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95532002000100003>.

13. Laman M, Ripa P, Vince JD, Tefuarani N. Reference values for pulse oximetry in healthy children in coastal Papua New Guinea: PNG Med J 2009 Mar-Jun;52(1-2):8-12
14. Gamponia M J, Babaali H, Yugar, R H Gilman F. Reference values for pulse oximetry at high altitude. ArchDisChild 1998;78:461–465
15. Mejía H, Mejía M. Oximetría de pulso. RevSoc Bol Ped 2012; 51 (2):149–4
16. Salyer JW. Neonatal and pediatric pulse oximetry. Respir Care. 2003 Apr;48(4):386-96
17. Mower WR, Sachs C, Nicklin EL, Baraff LJ. Pulse oximetry as fifth pediatric vital sign. Pediatrics 1997;99:681-6.
18. Aguilar S. Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. Salud en Tabasco, vol. 11, núm. 1-2, enero-agosto, 2005, pp. 333-338
19. Serviciometeorologico.gob.ec[Internet]. Ecuador: INAMHI; 2000 [actualizado 14 de enero de 2015; citado 5 mar 2015]. Disponible en:<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
20. Posadas JG, Ugarte A, Domínguez G. El transporte y la utilización tisular de oxígeno de la atmósfera a la mitocondria. Neumología Y Cirugía De Tórax, Vol. 65(2):60-67, 2006

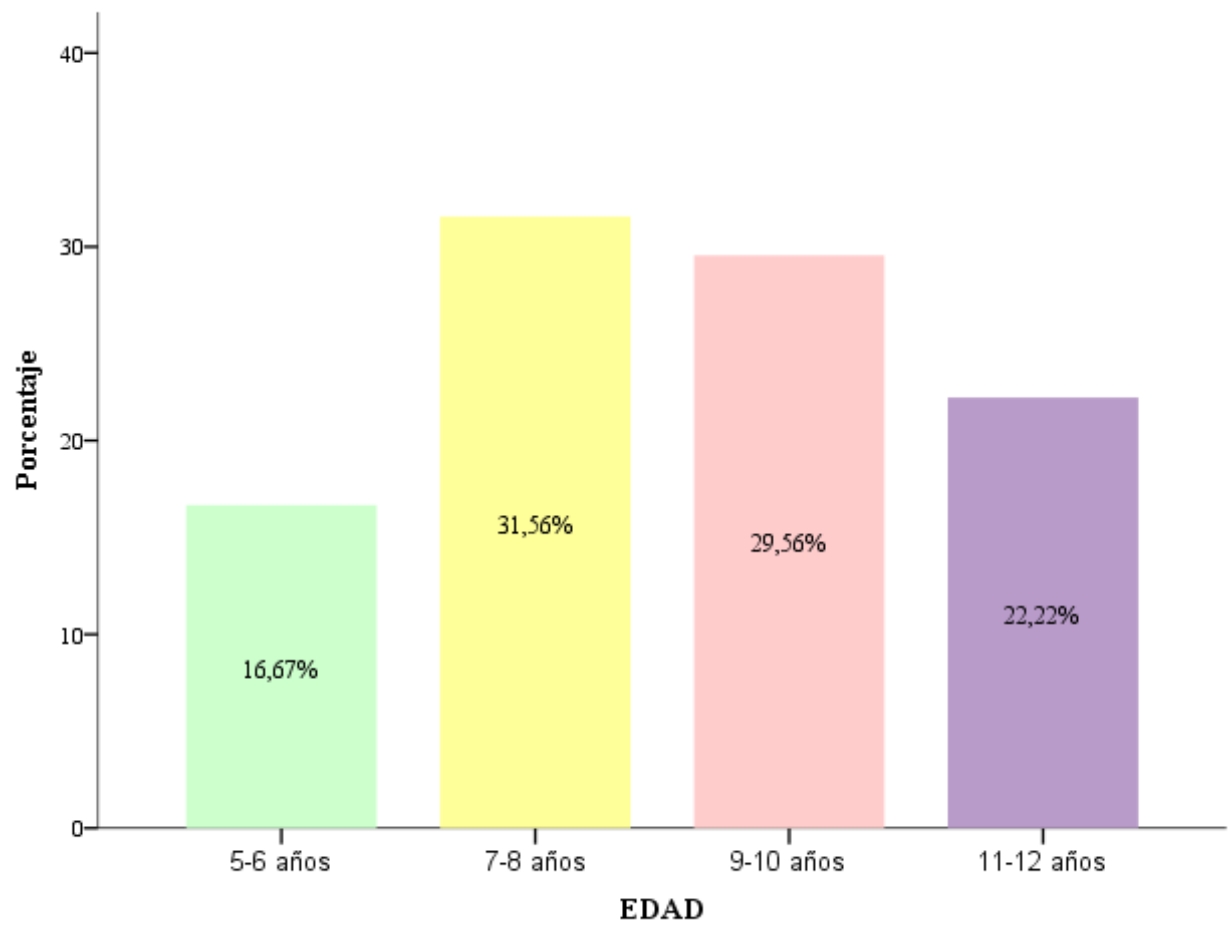
21. Organización Mundial de la Salud. Manual de Oximetría de Pulso Global. Año 2010. Disponible en: <http://www.lifebox.org/wp-content/uploads/WHO-Pulse-Oximetry-Training-Manual-Final-Spanish.pdf>
22. López-Herranz, G. Patricia. Oximetría de pulso: A la vanguardia en la monitorización no invasiva de la oxigenación. Revista Médica del Hospital General de México. Vol 66. Número 3. México 2003.
23. Dr. Mejía Salas, Héctor. Srta. Mejía Suárez, Mayra. Oximetría de Pulso. Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría.v.51 n.2 La Paz 2012.

## 8. FIGURAS

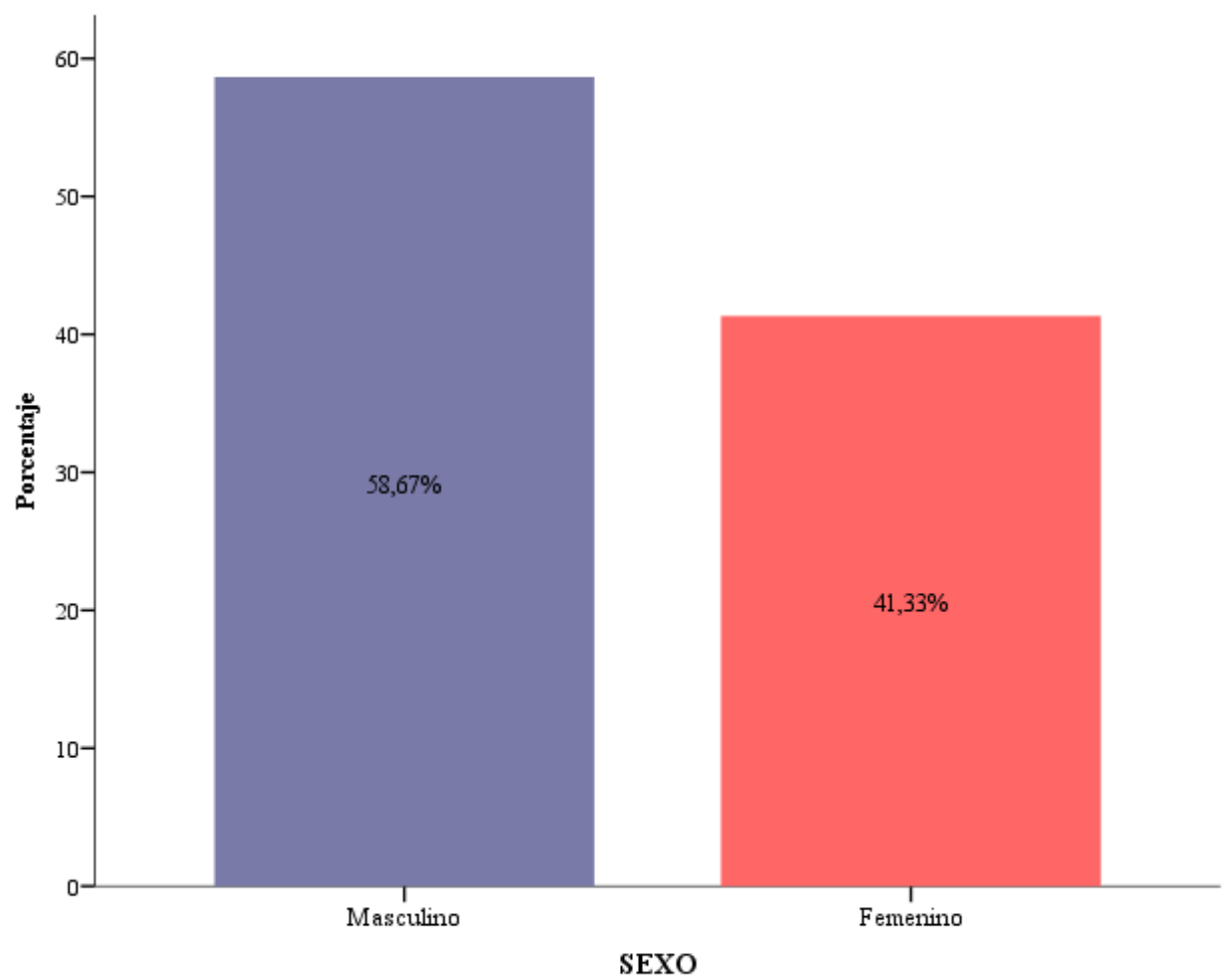


**Figura 1.** Porcentajes obtenidos en el estudio para la variable SEXO.

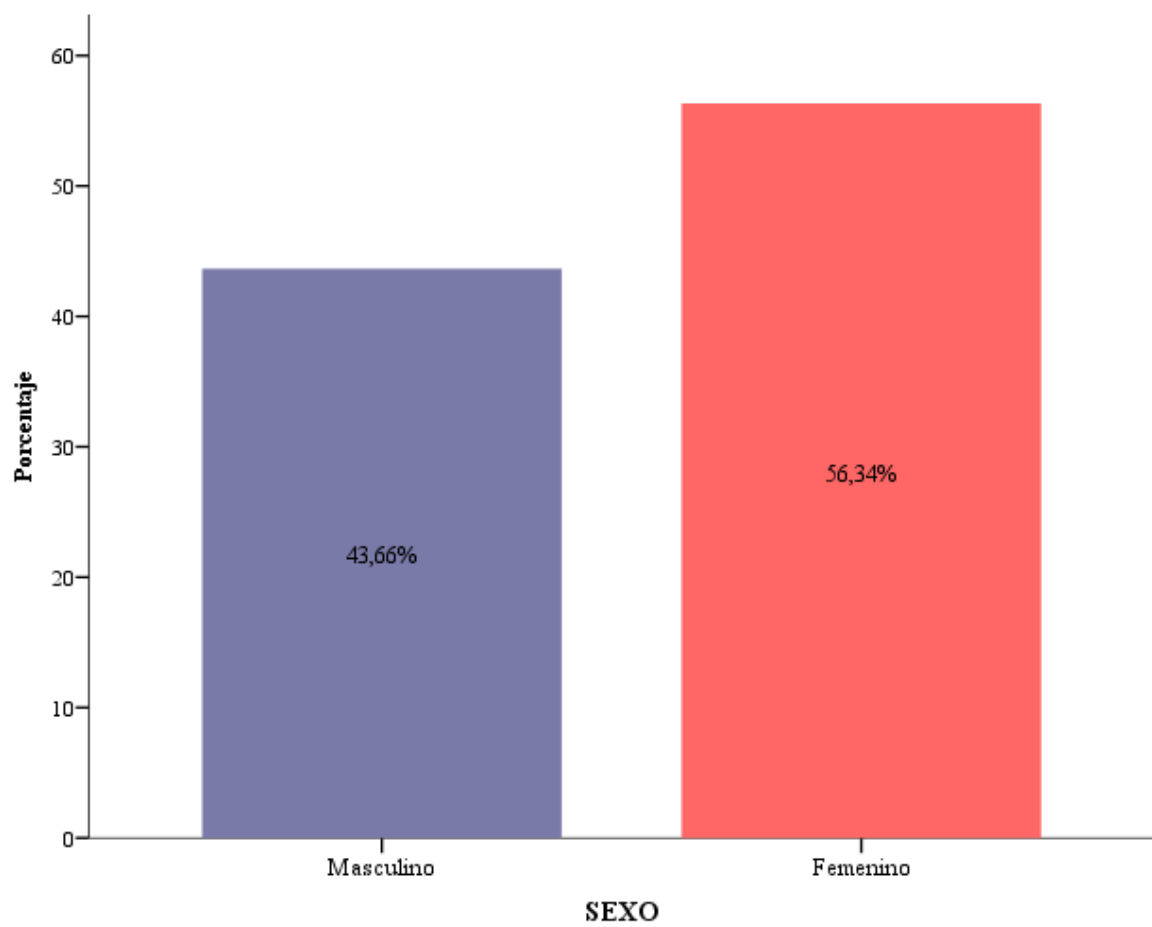




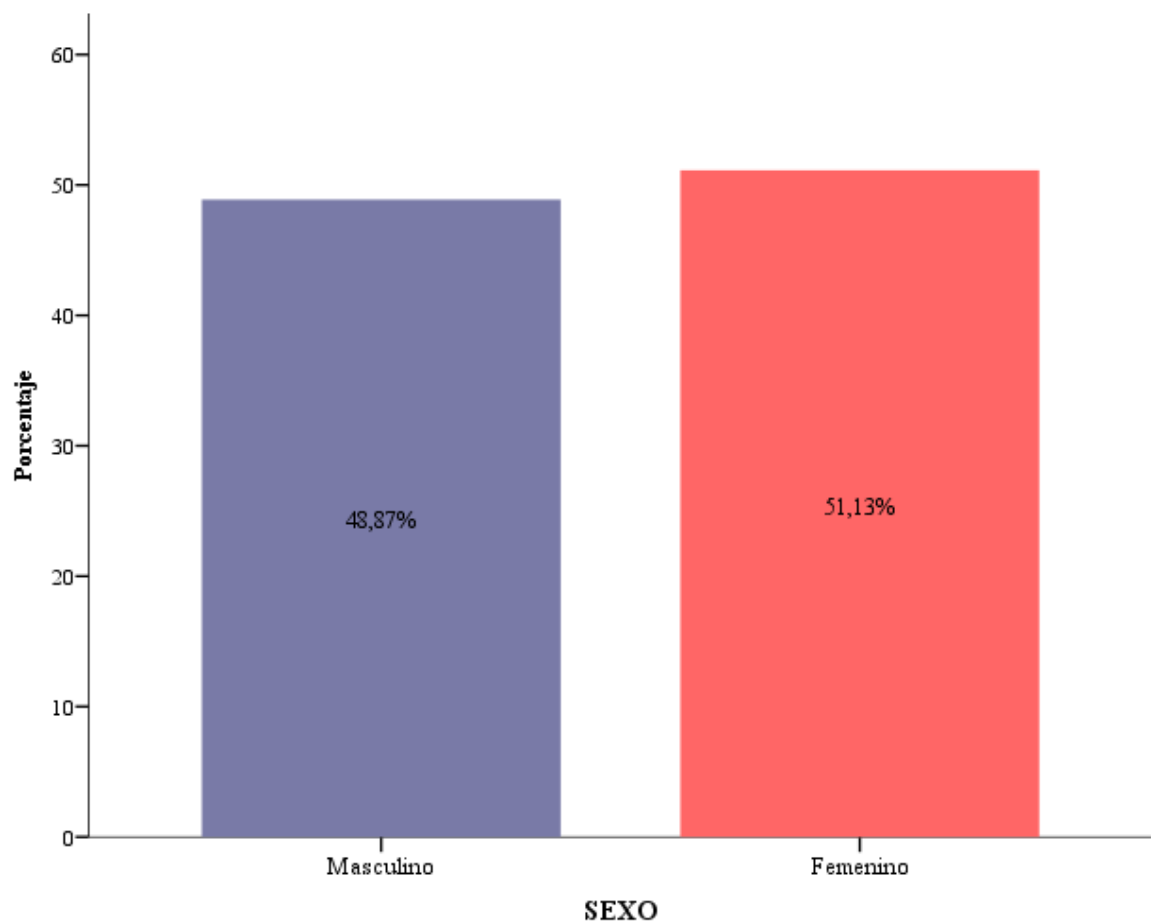
**Figura 2.** Porcentajes obtenidos en el estudio para la variable EDAD.



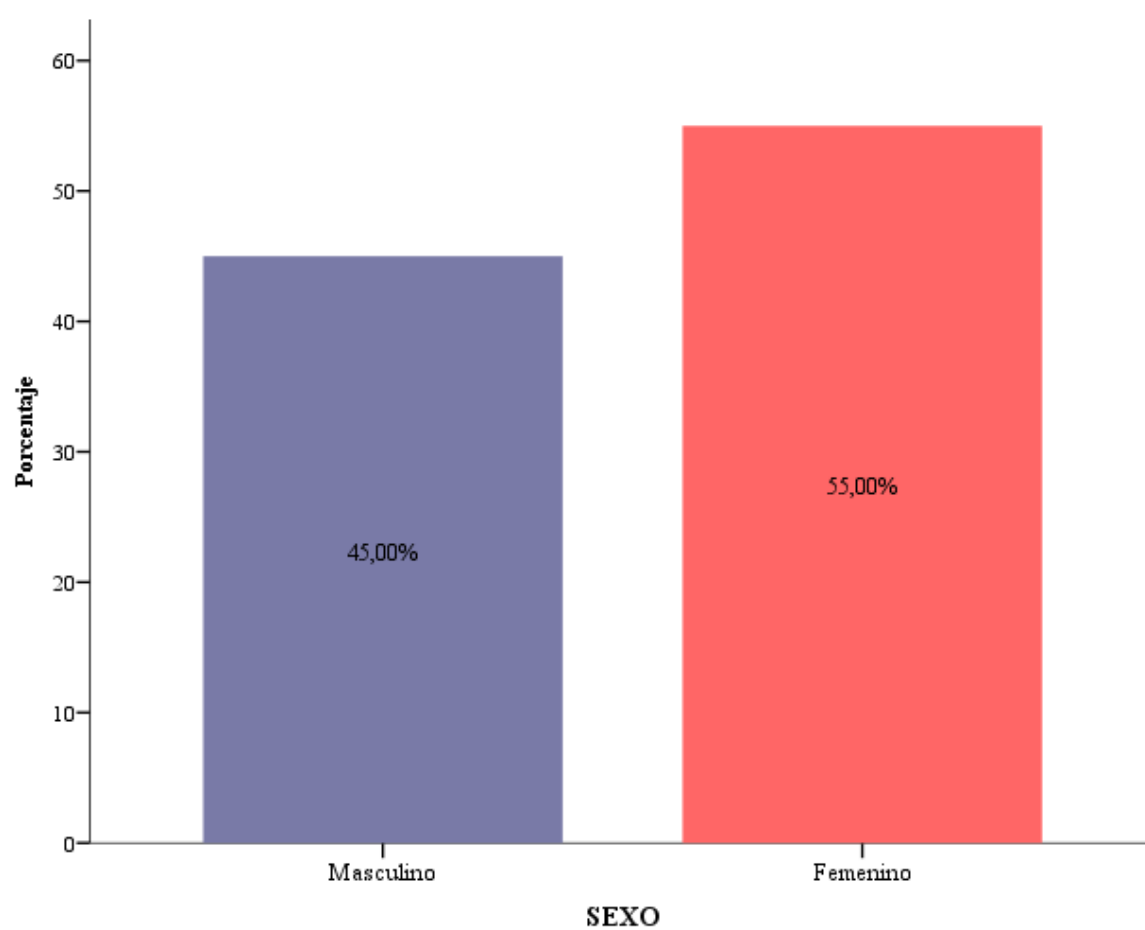
**Figura 3.** Frecuencia y porcentajes obtenidos en el estudio para la variable SEXO en GRUPO 1 ( 5 a 6 años).



**Figura 4.** Frecuencia y porcentajes obtenidos en el estudio para la variable SEXO en GRUPO 2 (7 a 8 años).



**Figura 5.** Frecuencia y porcentajes obtenidos en el estudio para la variable SEXO en GRUPO 3 (9 a 10 años).



**Figura 6.** Frecuencia y porcentajes obtenidos en el estudio para la variable SEXO en GRUPO 4 (11 a 12 años).

## 9. TABLAS

**Tabla 1.** Frecuencias y porcentajes obtenidos en el estudio para la variable SEXO.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Masculino	216	48.0	48.0
Femenino	234	52.0	100.0
Total	450	100.0	

**Tabla 2.** Frecuencia y porcentajes obtenidos en el estudio para la variable EDAD (cuatro grupos).

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
5-6 años	75	16.7	16.7
7-8 años	142	31.6	48.2
9-10 años	133	29.6	77.8
11-12 años	100	22.2	100.0
Total	450	100.0	

**Tabla 3.** Frecuencia y porcentajes obtenidos en el estudio para la variable SEXO en GRUPOS 1, 2, 3, 4.

EDAD	SEXO	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Grupo 1 (5-6 años)	Masculino	44	58.7	58.7
	Femenino	31	41.3	100.0
	Total	75	100.0	
Grupo 2 (7-8 años)	Masculino	62	43.7	43.7
	Femenino	80	56.3	100.0
	Total	142	100.0	
Grupo 3 (9-10 años)	Masculino	65	48.9	48.9
	Femenino	68	51.1	100.0
	Total	133	100.0	
Grupo 4 (11-12 años)	Masculino	45	45.0	45.0
	Femenino	55	55.0	100.0
	Total	100	100.0	

**Tabla 4.** Frecuencia de Valores de Saturación de Oxígeno y Frecuencia Cardíaca obtenidos en el estudio para la variable TIEMPO.

		Saturación x 1 min	Saturación x 3 min	FC x 1 min	FC x 3 min
N	Válido	450	450	450	450
	Perdidos	0	0	0	0
Media		94.40	94.80	86.55	90.18
Moda		95	96	87	92
Mínimo		79	81	50	54
Máximo		99	99	192	145

**Tabla 5.** Frecuencia de Valores de Saturación de Oxígeno y Frecuencia Cardíaca obtenidos en el estudio para la variable SEXO.

	SEXO	
	Masculino	Femenino
	Media	Media
Saturación x 1 min	94	95
Saturación x 3 min	95	95
FC x 1 min	87	86
FC x 3 min	90	90

**Tabla 6.** Frecuencia de Valores de Saturación de Oxígeno y Frecuencia Cardíaca obtenidos en el estudio para la variable TIEMPO en el Grupo 1 (5 a 6 años).

		Saturación x 1 min	Saturación x 3 min	FC x 1 min	FC x 3 min
N	Válido	75	75	75	75
	Perdidos	0	0	0	0
Media		93.96	94.13	93.16	97.29
Mediana		95.00	94.00	93.00	96.00
Moda		95	94	89	104
Mínimo		81	86	61	71
Máximo		98	97	136	145

**Tabla 7.** Frecuencia de Valores de Saturación de Oxígeno y Frecuencia Cardíaca obtenidos en el estudio para la variable TIEMPO en el Grupo 2 (7 a 8 años).

		Saturación x 1 min	Saturación x 3 min	FC x 1 min	FC x 3 min
N	Válido	142	142	142	142
	Perdidos	0	0	0	0
Media		94.27	94.46	90.29	94.64
Mediana		95.00	95.00	91.00	93.00
Moda		95	96	86 <sup>a</sup>	90 <sup>a</sup>
Mínimo		82	81	57	58
Máximo		98	98	125	139

**Tabla 8.** Frecuencia de Valores de Saturación de Oxígeno y Frecuencia Cardíaca obtenidos en el estudio para la variable TIEMPO en el Grupo 3 (9 a 10 años).

		Saturación x 1 min	Saturación x 3 min	FC x 1 min	FC x 3 min
N	Válido	133	133	133	133
	Perdidos	0	0	0	0
Media		94.74	95.12	83.63	86.92
Mediana		95.00	95.00	81.00	87.00
Moda		96	96	68	74
Mínimo		85	86	56	54
Máximo		99	99	192	120

**Tabla 9.** Frecuencia de Valores de Saturación de Oxígeno y Frecuencia Cardíaca obtenidos en el estudio para la variable TIEMPO en el Grupo 4 (11 a 12 años).

		Saturación x 1 min	Saturación x 3 min	FC x 1 min	FC x 3 min
N	Válido	100	100	100	100
	Perdidos	0	0	0	0
Media		94.47	95.38	80.15	82.86
Mediana		95.00	96.00	80.50	85.00
Moda		95	96	87	92
Mínimo		79	89	50	58
Máximo		98	99	119	111



**Tabla 10.** Resumen de análisis de independencia Chi- cuadrado entre las variables Saturación de oxígeno y Frecuencia Cardíaca en el Primer Minuto en el Grupo 1 (5 a 6 años).

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	441,220	407	.117
Razón de verosimilitud	205.555	407	1.000
Asociación lineal por lineal	.316	1	.574
N de casos válidos	75		

**Tabla 11.** Resumen de análisis de independencia Chi- cuadrado entre las variables Saturación de oxígeno y Frecuencia Cardíaca en el Primer Minuto en el Grupo 2 (7 a 8 años).

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	706,313	583	.000
Razón de verosimilitud	340.513	583	1.000
Asociación lineal por lineal	.001	1	.982
N de casos válidos	142		

**Tabla 12.** Resumen de análisis de independencia Chi- cuadrado entre las variables Saturación de oxígeno y Frecuencia Cardíaca en el Primer Minuto en el Grupo 3 ( 9 a 10 años).

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	652,237	612	.126
Razón de verosimilitud	329.593	612	1.000
Asociación lineal por lineal	1.591	1	.207
N de casos válidos	133		

**Tabla 13.** Resumen de análisis de independencia Chi- cuadrado entre las variables Saturación de oxígeno y Frecuencia Cardíaca en el Primer Minuto en el Grupo 4 ( 11 a 12 años).

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	435,397	450	.681
Razón de verosimilitud	244.980	450	1.000
Asociación lineal por lineal	.053	1	.818
N de casos válidos	100		

**Tabla 14.** Resumen de análisis de independencia Chi- cuadrado entre las variables Saturación de oxígeno y Frecuencia Cardíaca a los Tres Minutos en el Grupo 1 (5 a 6 años).

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	236,606	256	.802
Razón de verosimilitud	139.288	256	1.000
Asociación lineal por lineal	.703	1	.402
N de casos válidos	75		

**Tabla 15.** Resumen de análisis de independencia Chi- cuadrado entre las variables Saturación de oxígeno y Frecuencia Cardíaca a los Tres Minutos en el Grupo 2 (7 a 8 años).

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	665,407	520	.000
Razón de verosimilitud	286.889	520	1.000
Asociación lineal por lineal	.010	1	.920
N de casos válidos	142		

**Tabla 16.** Resumen de análisis de independencia Chi- cuadrado entre las variables Saturación de oxígeno y Frecuencia Cardíaca a los Tres Minutos en el Grupo 3 (9 a 10 años).

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	463,425	490	.800
Razón de verosimilitud	286.449	490	1.000
Asociación lineal por lineal	.952	1	.329
N de casos válidos	133		

**Tabla 17.** Resumen de análisis de correspondencia Chi- cuadrado entre las variables Saturación de oxígeno y Frecuencia Cardíaca a los Tres Minutos en el Grupo 4 (11 a 12 años).

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	427,019	369	.020
Razón de verosimilitud	231.371	369	1.000
Asociación lineal por lineal	2.715	1	.099
N de casos válidos	100		

**Tabla 18.** Resumen de Frecuencias de los Valores de Saturación de Oxígeno y Frecuencia Cardíaca obtenidos en este estudio según las variables SEXO Y EDAD.

Grupo Etario	SEXO	Saturación a 1 minuto	FC_x_1_min	Saturación_x_3_min	FC_x_3_min
		Media	Media	Media	Media
1	Masculino	93	93	94	98
	Femenino	95	93	94	96
2	Masculino	94	88	95	94
	Femenino	94	91	94	95
3	Masculino	95	85	95	88
	Femenino	95	82	95	86
4	Masculino	94	80	96	81
	Femenino	95	80	95	85

## **10. ANEXOS**

### **ANEXO 1**

#### **ENCUESTA**

Buenos días/tardes queridos padres de familia. Nosotras, Judith Alexandra Novillo (0984588071) y Andrea Giselle Mata (0995468278), egresadas de la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, estamos realizando esta encuesta para conocer el estado de salud de sus hijos y la cual nos permitirá realizar un proceso de selección para nuestro estudio de investigación. Su contribución puede ser muy importante y les agradecemos anticipadamente su valiosa colaboración.

Le garantizamos el absoluto anonimato y secreto de sus respuestas en el más estricto cumplimiento de las Leyes sobre secreto estadístico y protección de datos personales.

#### **FICHA DE IDENTIFICACIÓN**

##### **DATOS DEL(A) NIÑO(A)**

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_

**EDAD:** \_\_\_\_\_ **AÑOS** \_\_\_\_\_ **MESES**

**SEXO:** **HOMBRE** \_\_\_\_\_ **MUJER** \_\_\_\_\_

**DIRECCIÓN ACTUAL:** \_\_\_\_\_

**NÚMERO DE TELÉFONO:** \_\_\_\_\_

**FECHA DE NACIMIENTO:** **MES:** \_\_\_\_\_ **DÍA:** \_\_\_\_\_ **AÑO:** \_\_\_\_\_

**NOMBRE DE INSTITUCION:** \_\_\_\_\_

**GRADO ESCOLAR QUE CURSA:** \_\_\_\_\_

**DATOS DEL TUTOR O PADRE**

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_

**EDAD:** \_\_\_\_\_ AÑOS

**ESPECÍFIQUE PARENTESCO:** \_\_\_\_\_

**ESCOLARIDAD:** \_\_\_\_\_

**ESTADO CIVIL:** \_\_\_\_\_

1. Su hijo/a ¿Cuánto tiempo tiene viviendo en la dirección que especifico anteriormente? \_\_\_\_\_
2. Cuando su hijo/a nació, ¿se quedó en el hospital después de que su madre fue dada de alta?  
  
Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_
3. Su hijo/a ha presentado gripe en el último mes?  
  
Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_
4. Su hijo/a ha estado hospitalizado/a por enfermedad torácica o del pecho (respiratoria) los últimos 12 meses?  
  
Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_
5. Su hijo/a se encuentra en tratamiento con antibióticos, broncodilatadores y/o antitusivos(gotas, jarabes, pastillas, inyecciones, durante el último mes?  
  
Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_ cuál?\_\_\_\_\_
6. Su hijo/a sido hospitalizado en el período neonatal inmediato por problemas respiratorios.  
  
Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

7. Su hijo/a se escucha congestionado del pecho o saca flemas, gargajos del pecho en el último mes?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

8. Su hijo/a tuvo alguna enfermedad torácica o de su pecho grave en el último mes?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_ cuál? \_\_\_\_\_

9. Su hijo/a ¿Durante los últimos 12 meses el (la) niño(a) ha tenido alguna enfermedad torácica o de su pecho que ha impedido su actividad usual por algunos días?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_ cuál? \_\_\_\_\_

10. Ha tenido el (la) niño(a) alguna de las siguientes enfermedades:

a) Rinitis alérgica                      Sí\_\_\_\_\_                      No\_\_\_\_\_

b) Sinusitis Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

c) Bronquitis                      Sí\_\_\_\_\_                      No\_\_\_\_\_

d) Bronquiolititis                      Sí\_\_\_\_\_                      No\_\_\_\_\_

e) Bronquitis asmática                      Sí\_\_\_\_\_                      No\_\_\_\_\_

f) Neumonía                      Sí\_\_\_\_\_                      No\_\_\_\_\_

g) Tosferina                      Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

h) Croup (tos de foga) Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

i) Fibrosis quística (sudoración abundante o excesiva con mucho sabor a sal)

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

j) Enfermedad cardiaca                      Sí\_\_\_\_\_                      No\_\_\_\_\_

Cuál? \_\_\_\_\_



11. ¿Alguna vez su médico mencionó que su hijo/a ha tenido una reacción alérgica a pólenes?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

12. ¿Alguna vez su médico mencionó que su hijo/a ha tenido una reacción alérgica a polvos?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

13. Fuma alguien dentro de la casa?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_ Cuantos cigarrillos fuma dentro de la casa? \_\_\_\_\_

14. ¿Las personas con las que comparte la recámara fuman cigarros?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_ Cuantos cigarrillos fuma? \_\_\_\_\_

15. Su hijo/a ha recibido transfusiones sanguíneas en los últimos 6 meses?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

16. Su hijo/a realiza ejercicio constante o algún deporte todos los días?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_ cual? \_\_\_\_\_

**GRACIAS POR CONTESTAR ESTA ENCUESTA,  
SU PARTICIPACIÓN ES MUY IMPORTANTE**

**ANEXO 2:****CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Mi hijo/a ha sido invitado/a a participar en la investigación sobre la "Saturación de oxígeno en niños y niñas escolares sanos de 5 a 12 años en Escuelas de Educación Básica ubicadas a la altura entre 2880 y 3000 metros en la ciudad de Quito en el período de Marzo a Mayo 2015". Entiendo que a mi hijo/a se le colocará un oxímetro de pulso en el dedo índice de la mano derecha. He sido informado que no existe riesgo o efecto adverso alguno durante dicho procedimiento. Sé que puede que no haya beneficios para mi persona y que no se me recompensará más allá de las charlas informativas de salud preventiva. Se me ha proporcionado los nombres de las investigadoras que pueden ser fácilmente contactadas usando el nombre y el teléfono que se me ha dado de esas personas.

He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente que mi hijo/a participe en esta investigación y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera a mí o a mi representado.

Yo, \_\_\_\_\_, estudiante del \_\_\_\_\_Básica, acepto/ no acepto formar parte de la investigación descrita.

Nombre del Padre de Familia o Tutor:

\_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

**Analfabeto**

He sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.

Nombre del testigo \_\_\_\_\_

Y Huella dactilar del participante

Firma del testigo \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente. Nombre del Investigador \_\_\_\_\_

Firma del Investigador \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

Ha sido proporcionada al participante una copia de este documento de Consentimiento Informado \_\_\_\_\_ (iniciales del investigador/asistente)